Minera Panamá

FIRST QUANTUM
MINERALS LTD.

Instalación de manejo de relaves

Informe de progreso de la presa de arena

08/Marzo/2023


Presa Norte Sector 1 - 2 & 3 – Mirando al oeste - 08/Mar/2023

CLIENTE: Minera Panama S.A (MPSA)

PROYECTO: Mina de Cobre Panamá (MdCP)

	Firma	Fecha
ELABORADO por: Manuel Lezcano (MLe)		8-Marzo-2023
REVISADO por: Nicholas Mather (NM)	P.P. Nick Mather	10-Abril-2023
APROBADO por: Doug Cooper (DC)		

ÍNDICE DE EMISIÓN / REVISIÓN

Código Emisión	Revisión					Detalles de la revisión
	No	Prep. por	Rev.Por;	. Por	Fecha	
RI	A	CZ	NM	DC	08-Mar-23	Reemplaza el informe de progreso de la presa de arena del 22/Nov/2022

OBSERVACIONES:

1. Códigos de problema: RC=Liberación para construcción, RD=Liberación para diseño, RF=Liberación para fabricación, RI=Liberación para información, RP=Liberación para compra, RQ=Liberación para cotización, RR=Liberado para revisión y comentarios
2. Los cambios de la versión anterior de este documento se anotarán en cada sección en azul.
3. La información pendiente de ser suministrada se anotará en cada sección en verde.

Índice de Contenidos

1. INTRODUCCION 5
2. ALCANCE DEL TRABAJO 6
3. PARAMETROS DE DISEÑO 7
3.1. Terraplenes 7
3.1.1. Criterio de Diseño de Arena Ciclonada 7
3.1.2. Sección tipica de la Presa de Arena 8
3.1.3. Secuencia de elevación de la Presa de Arena 9
3.1.4. Sistema de drenaje subterraneo 10
3.2. Playa de Relaves 11
4. ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD (QA/QC) 12
4.1. Monitoreo de los terraplenes de arena 12
4.1.1. Monitoreo antes de la colocación del material (Planta de Ciclon y Fincas de Arena) 12
4.1.2. Monitoreo despues de Colocación de Material (Mecánico e Hidraulico) 17
4.2. Monitoreo de la Playa de Relaves 24
5. SEGUIMIENTO DEL PROGRESO 26
5.1. Terraplenes de Arena 26
5.1.1. Planificado Vs Actual 26
5.1.2. Datos as-Built (08/Mar/2023) 28
5.2. Playa de Relaves 30
6. CONCLUSION 34

Lista de Figuras

Figura 3.1.2 – 1: Sección típica de Presa Norte (vista de sección del plano 1824-363-C02-00008) 8

Figura 3.1.2 – 1: Sección típica de Presa Este (section view from plan 1824-363-C02-00010)................... 9

Figura 3.1.3 – 1: Secuencia de Elevacion de Presa Norte (fig 3-2 de KCB 1824-363-C-02-LTR-00007-R0)... 9

Figura 3.1.3 – 2: Secuencia de Elevación de Presa Este (fig 3-3 de KCB 1824-363-C-02-LTR-00007-R0) ... 10

Figura 3.1.4 – 1: Detalles tipicos del Sistema de Drenaje Subterraneo (1824-363-CI-DRG-T0054)........... 10

Figura 3.2 – 1: Flujograma de distribución de los Relaves (fig 4-1 de KCB 1824-363-C-02-LTR-00007-R0)11

Figura 4.1.1 – 1: PSD de U/F en la Planta (02/Nov/22 to 08/Mar/2023) 13

Figura 4.1.1 – 2: Contenido Fino de U/F de la Planta a las Celdas y a las Granjas de Arena (del 02/Nov/22 al 08/Mar/23).. 14

Figura 4.1.1 – 3: PSD en las Granjas de Arena (14/Sep/2019 to 08/Mar/2023) 15

Figura 4.1.1 – 4: Resumen del Contenido Fino de las Granjas de Arena (14/Sep/2019 a 08/Mar/2023).. 16

Figura 4.1.1 – 5: Resumen del Resultado de Azufre en la arena de fondo (Sep/2019 a Mar/2023).......... 16

Figura 4.1.2 – 1: Colocación Mecánica U/F de PSD (13/Jun/2022 al 08/Mar/2023)................................ 18

Figura 4.1.2 – 2: % de Colocación Mecánica U/F de Contenido Fino (11/Jun/2022 al 08/Mar/2023)...... 18

Figura 4.1.2 – 3: Colocación Hidraulica PSD (02/Nov/2022 al 08/Mar/2023).. 19

Figura 4.1.2 – 4: % de Colocación Hidraulica de Contenido Fino (26/Nov/2019 al 08/Mar/2023)............ 20

Figura 4.1.2 – 5: Compactación de Arena Ciclonada – NDG (18/Sep/19 a 08/Mar/2023)........................ 21

Figura 4.1.2 – 6: Infiltrometro de Doble Anillo & Contenido Fino del 2/Jul/19 a 08/Mar/23 (en Campo) 22

Figura 4.1.2 – 7: Permeabilidad constante del cabezal & Contenido Fino del 2/Jul/19 al 08/Mar/23 (en Lab) 23

Figura 4.2 – 1: Distribución Esquematica Actual de los Relaves... 24

Figura 4.2 – 2: Deposición de los Relaves desde Sep/2019 a Mar/2023.. 25

Figura 5.1.1 – 1: Progreso en la Presa Norte al 08/Marzo /2023 – Elevación de la Presa de Arena 27

Figura 5.1.1 – 2: Progreso en la Presa Este al 08/Marzo /2023 – Elevación de la Presa de Arena 27

Figura 5.1.2 – 1: Tailings Cyclone Sand Dam – Plan View – As Built 08/Marzo/2023 28

Figura 5.1.2 – 2: Presa Norte As-Built Sección a 0+850 – 08/Marzo/2023 29

Figura 5.1.2 – 3: Presa Norte As-Built Sección a 1+250 – 08/Marzo/2023 29

Figura 5.1.2 – 4: North Dam As-Built Sección a 2+650 – 08/Marzo/2023.. 29

Figura 5.1.2 – 5: Presa Este As-Built Sección a 4+400 – 08/Marzo/2023 29

Figura 5.1.2 – 6: Presa Este As-Built Sección a 3+500 – 08/Marzo/2023 30

Figura 5.1.2 – 7: Presa Este As-Built Sección a 2+750 – 08/Marzo/2023 30

Figura 5.1.2 – 5: Presa Este As-Built Sección a 1+900 – 08/Marzo/2023 30

Figura 5.2 – 1: Longitud de la Playa de Relaves Presa Norte & Este 31

Tabla 5.2 – 1: Elevaciones de la Playa de la Presa Norte (dentro & fuera de los potreros) 32

Lista de tablas

Table 2 – 1: Lista de Planos de la Presa de Arena de KCB (tabla de plan 1824-363-C02-00001) 6

Table 3.1.1 – 1: Parametros de Diseño de Arena Ciclonica (tabla de plan 1824-363-C02-00002B) 8

Table 3.2 – 1: Resumen de las Propiedades de Ingenieria de los Relaves (tabla 6-1 en 1824-363-C02-00002B) 11

Table 4.1 – 1: Frequencia de las Pruebas de control de calidad de la Arena Ciclonica (Actual y según el diseño) 12

Table 4.1.2 – 1: Infiltrometro de Doble Anillo & Contenido Fino del 2/Jul/19 al 08/Mar/23 (en Campo) 22

Table 4.1.2 – 2: Permeabilidad constante y contenido fino del cabezal del 2/Jul/19 al 08/Mar/23 (en Lab) 23

Table 4.2 – 3: Resultados de Laboratorio de los Relaves 25

Table 5.1 – 1: Cantidad general, programacion y progreso de la Presa de Arena 26

Table 5.2 – 2: Elevaciones de la Playa de la Presa del Este (dentro & fuera de los potreros) 33

Lista de Apéndices

Apéndice I Monitoreo de arena ciclónica antes de la colocación

- **Apéndice I-A** Monitoreo en la planta de proceso
- **Apéndice I-B** Monitoreo en granjas de arena

Apéndice II Monitoreo de arena ciclónica después de la colocación

- **Apéndice II-A** Monitoreo en la colocación hidráulica y mecánica
- **Apéndice II-A** Compactación de arena ciclónica (NDG)
- **Apéndice II-B** Resultados de la prueba de permeabilidad

Apéndice III Presa de arena tal como se construyó 08/Mar/2023

1. INTRODUCCIÓN

La Instalación de Manejo de Relaves (TMF) es una parte del Proyecto Cobre Panamá propiedad de First Quantum Minerals Ltd (FQML) y ubicado en el distrito de Donoso en la provincia de Colón.

El diseño de TMF fue generado inicialmente por AMEC Geomatrix (AMEC) y entregado a Joint Venture Panama (JVP) en enero de 2011. Ingeniería con mucho detalle fue llevada a cabo por JVP (2013a) y luego optimizada por Klohn Crippen Berger (KCB) a solicitud de FQML.

Los terraplenes del TMF involucran las siguientes tres (3) estructuras:

❖ **Presa de arranque:**

La construcción de las presas de arranque de TMF se completó durante los años 2014 a 2019 y su su función principal era albergar la primitiva cuenca de la TMF y más tarde servir de base para la presa de arena.

❖ **Presa de arena**

El diseño de la presa de arena consta de dos componentes principales que son los terraplenes propiamente dichos y el sistema de drenaje inferior (drenaje de manta, drenaje de dedos y drenaje primario).

Los terraplenes se construirán con arena ciclonada, que está diseñada para tener una propiedad de autodrenaje. Y por otro lado, el sistema de subdrenaje debe construirse con material filtrante, que es para evitar aumentos en las presiones de los poros y/o licuefacción bajo carga sísmica.

Los terraplenes de arena consisten en dos estructuras principales, la Presa Norte y la Presa Este. Estas estructuras se elevarán inicialmente con el método de deposición de la cresta aguas abajo y luego se cambiarán al método de la línea central.

La elevación de las presas se realizará en varias etapas que se presentan en la Sección 3.1.3 de este informe.

❖ **Playa de Relaves:**

La playa de relaves, además de ser el punto de descarga para todas las colas más ásperas, también es una parte crucial de las presas TMF dado que una vez que se lleva a cabo el método de línea central de presa de arena, la playa de relaves proporcionará protección aguas arriba contra eventos de tormenta (es para mantener el diseño de francobordo) y es para garantizar el rendimiento del método de línea central.

Sin embargo, mientras tanto la playa de relaves se está desarrollando lo suficiente, se ha diseñado una protección facial aguas arriba para formar parte de la presa norte. Esta estructura es para proteger el terraplén del contacto directo con el embalse (de 76mRL a 85mRL), que es uno de los principales factores que contribuyen a las fallas de la presa de arena.

2. ALCANCE DEL TRABAJO

Este documento se emite para registrar el avance del terraplén de arena que incluye también la instalación del sistema de subdrenaje.

El desarrollo de playas también se abordará en este informe, siendo un componente indispensable de los Terraplenes de TMF.

Los datos utilizados en el desarrollo de este informe incluyen parámetros de diseño, monitoreo de trabajos de campo, control de calidad (QC) y datos as-built.

Los planos emitidos para las construcciones (IFC) fueron proporcionados por Klohn Crippen Berger (KCB) a solicitud de FQML (la Figura 1 muestra el dibujo emitido por números de secuencia).

DRAWING TITLE	LOCATION CODE	SUB-AREA CODE	DISCIPLINE & AREA	SEQUENCE NUMBER
INDEX SHEET	1824	363	C02	00001
GENERAL NOTES - SHEET 1 OF 2	1824	363	C02	00002A
GENERAL NOTES - SHEET 2 OF 2	1824	363	C02	00002B
GENERAL ARRANGEMENT	1824	363	C02	00003
LAYOUT - NORTH EMBANKMENT	1824	363	C02	00004
LAYOUT - EAST EMBANKMENT	1824	363	C02	00005
REFERENCE LINE PROFILES - NORTH AND EAST EMBANKMENTS	1824	363	C02	00006
TYPICAL SECTIONS - NORTH EMBANKMENT - SHEET 1 OF 2	1824	363	C02	00007
TYPICAL SECTIONS - NORTH EMBANKMENT - SHEET 2 OF 2	1824	363	C02	00008
TYPICAL SECTIONS - EAST EMBANKMENT - SHEET 1 OF 2	1824	363	C02	00009
TYPICAL SECTIONS - EAST EMBANKMENT - SHEET 2 OF 2	1824	363	C02	00010
GENERAL SECTIONS - NORTH EMBANKMENT	1824	363	C02	00011
NOT USED	1824	363	C02	00012
GENERAL SECTIONS - EAST EMBANKMENT - SHEET 1 OF 2	1824	363	C02	00013
GENERAL SECTIONS - EAST EMBANKMENT - SHEET 2 OF 2	1824	363	C02	00014
NOT USED	1824	363	C02	00015
WASTE ROCK PLATFORM SETOUT - NORTH EMBANKMENT	1824	363	C02	00016
WASTE ROCK PLATFORM SETOUT - EAST EMBANKMENT - SHEET 1 OF 3	1824	363	C02	00017
WASTE ROCK PLATFORM SETOUT - EAST EMBANKMENT - SHEET 2 OF 3	1824	363	C02	00018
WASTE ROCK PLATFORM SETOUT - EAST EMBANKMENT - SHEET 3 OF 3	1824	363	C02	00019
UNDERDRAINAGE SETOUT - NORTH EMBANKMENT	1824	363	C02	00020
UNDERDRAINAGE SETOUT - EAST EMBANKMENT	1824	363	C02	00021
UNDERDRAINAGE DETAILS	1824	363	C02	00022
GEOMEMBRANE SECTIONS AND DETAILS	1824	363	C02	00023

Tabla 2 – 1*: Lista de planos de la presa de arena de KCB (tabla del plan 1824-363-C02-00001)*

3. PARÁMETROS DE DISEÑO

Los terraplenes de arena TMF están diseñados para ser construidos con arena de ciclón (relave grueso) considerando el desarrollo de la playa de relaves en la parte superior de la estructura.

3.1. Terraplenes de arena

Las etapas de elevación de la presa norte y la presa este se construirán con arena ciclonada y se compactarán con el método de celdas hidráulicas y colocación mecánica.

Los criterios de arena que se utilizarán en la construcción del terraplén se seleccionaron en función de varias pruebas de laboratorio para cumplir con la intención de diseño de un drenaje libre.

3.1.1. Criterios de diseño de arena ciclonada

A. Densidad de arena ciclonada

Se requiere una densidad mínima de **100% Proctor estándar** para lograr el comportamiento "denso" esperado bajo carga sísmica que corresponde a una densidad relativa mínima de 80% (consulte la Tabla 3.1.1 – 1).

B. Conductividad hidráulica de arena ciclonada

La arena del ciclón deberá cumplir con una propiedad de drenaje libre relativa con una conductividad hidráulica (1x10-4 cm/s a 3x10-4 cm/s) que sea consistente con el rango más bajo de valores esperados para la arena ciclonada (consulte la Tabla 3.1.1 – 1)

C. Distribución del tamaño de partícula de arena ciclonada (PSD)

La arena ciclonada utilizada en los terraplenes de la presa debe cumplir con la característica de ser de grano fino y no plástica como: (ver Tabla 3.1.1 – 1)

a) Contenido fino (partículas menores que #200) en promedio menor que 13% para cada colocación de celda.
b) Contenido fino máximo para cualquier muestra individual inferior al 16%

Parameter	Testing Method	Purpose	Criteria	Frequency
Particle Size Gradation	ASTM D422	Performance	Particles passing the No. 200 sieve (74 μm): - Average for a placement cell is less than 13%; and - Maximum of any single test is less than 16%	1 test per 2,500 m3 placed (minimum 2 tests for every lift placed in each cell)
		Index	Maximum particle size less than 0.30 mm. Maximum 75% of particles passing the No.100 sieve (0.15 mm).	
Density	Note 1	Performance	Relative Density > 80%	1 test per 2,500 m3 placed (minimum 2 tests for every lift placed in each cell)
Hydraulic Conductivity	ASTM D2434-68	Index	Vertical hydraulic conductivity: - Design assumption: $1x10^{-4}$ cm/s	1 test per week
Specific Gravity	ASTM D854	Index	Specific gravity within 2.6 to 2.8	Monthly
Maximum Dry Density	ASTM D698	Performance/ Index(2)	n/a	Performance: 1 test for every lift placed in each cell. Index: 1 test per 10,000 m^3 placed

Tabla 3.1.1 – 1: *Parámetros de diseño de arena ciclónica (tabla del plan 1824-363-C02-00002B)*

D. Porcentaje de azufre

Los materiales que se utilizarán en el lado aguas abajo de los terraplenes deben ser generados sin ácido (NAG) y los parámetros para aceptar materiales como NAG se basan en el porcentaje de azufre. Si el nivel de corte de azufre es igual o inferior al 0,3%, se considera NAG.

3.1.2. Sección típica de la presa de arena

Los terraplenes de arena se elevarán con el método de deposición de la cresta aguas abajo de RL76m a RL85m. Por encima de RL85m, los terraplenes se elevarán utilizando el método de línea central con los parámetros generales como se muestra en la Figura 3.1.2 – 1 y 3.1.2 – 2.

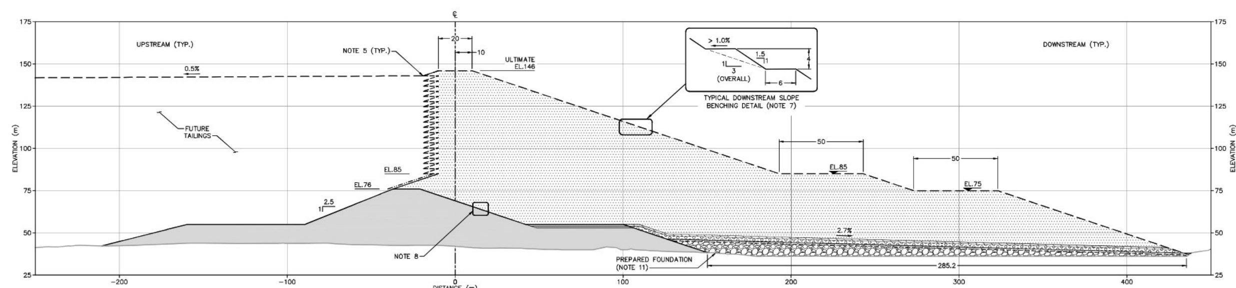


Figura 3.1.2 – 1: *Sección típica de la presa norte (vista de sección desde el plano 1824-363-C02-00008)*

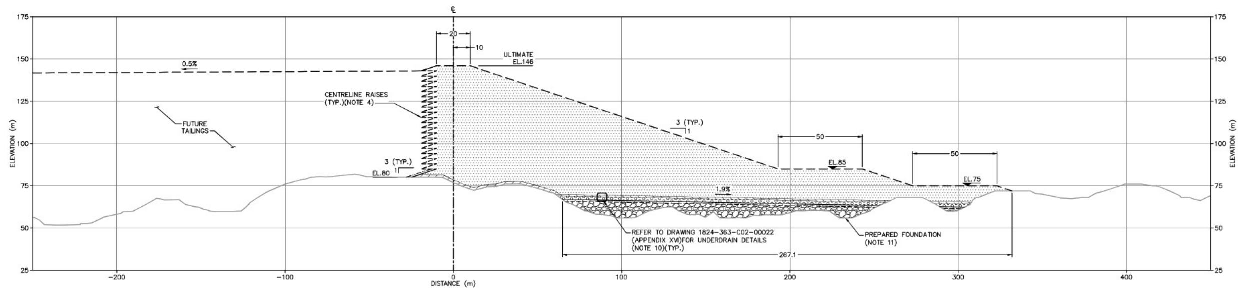
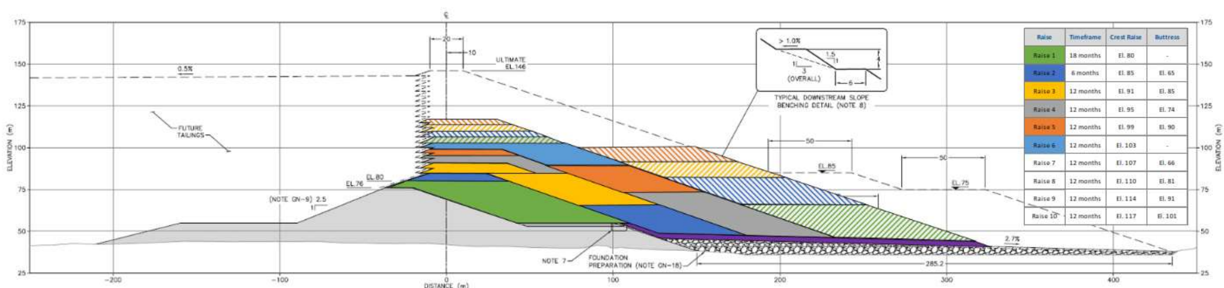


***Figura 3.1.2 – 1**: Sección típica de la presa este (vista de sección desde el plano 1824-363-C02-00010)*

3.1.3. Secuencia de elevación de la presa de arena

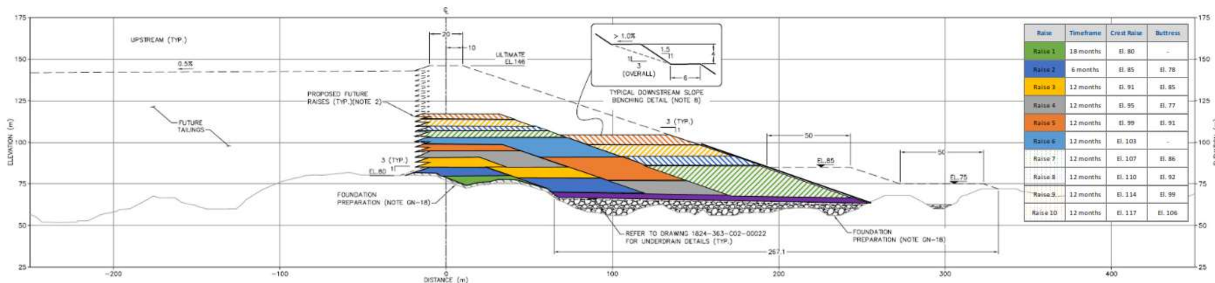
La deposición de la cresta aguas abajo y los métodos de línea central representan un aumento del volumen de material requerido en cada elevación de la cresta a medida que la pendiente aguas abajo y las áreas de huella se hacen más grandes. Por lo tanto, la planificación de la construcción requiere sobreedificar la presa en las etapas iniciales de elevación para reducir el volumen de llenado requerido para las elevaciones finales.

Las Figuras 3.1.3 – 1 y 3.1.3 – 2 muestran la secuencia de elevación de la presa de arena (por etapas) propuesta para implementarse con el fin de garantizar una elevación continua de la presa (cresta y contrafuerte) suficiente para contener la demanda de relaves.



Raise	Timeframe	Crest Raise	Buttress
Raise 1	18 months	El. 80	-
Raise 2	6 months	El. 85	El. 65
Raise 3	12 months	El. 91	El. 85
Raise 4	12 months	El. 95	El. 74
Raise 5	12 months	El. 99	El. 90
Raise 6	12 months	El. 103	-
Raise 7	12 months	El. 107	El. 66
Raise 8	12 months	El. 110	El. 81
Raise 9	12 months	El. 114	El. 91
Raise 10	12 months	El. 117	El. 101

***Figura 3.1.3 – 1**: Secuencia de aumento de la presa norte (figura 3-2 de KCB 1824-363-C-02-LTR-00007-R0)*



<u>Figura 3.1.3 – 2</u>*: Secuencia de aumento de la presa este (figura 3-3 de KCB 1824-363-C-02-LTR-00007-R0)*

3.1.4. Sistema de subdrenaje

El propósito del sistema de subdrenaje es mantener una superficie piezométrica baja dentro del terraplén manteniendo insaturada la arena ciclonada instalada.

El sistema contiene los siguientes tipos de drenaje:

❖ Drenaje primario – Tipo de material Zona 3 (0.6 m) y Zona 9 (1.5 m)

Filtrar los materiales colocados sobre las plataformas rocosas que son el punto de drenaje donde se transporta toda el agua.

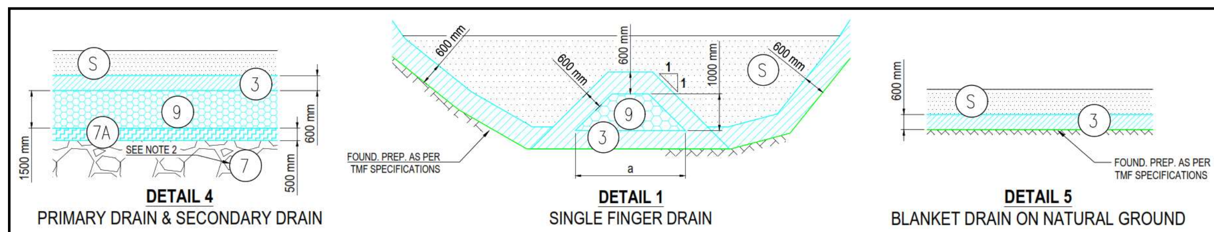
❖ Drenajes para dedos – Tipo de material Zona 3 (0.6 m) y Zona 9 (1.0 m)

Filtrar materiales estratégicamente ubicados, dentro de valles naturales o acceso construido, que pretenda aumentar la capacidad de drenaje desde áreas aisladas hasta los drenajes primarios.

❖ Drenaje de manta – Tipo de material Zona 3 (0.6 m)

Filtre el material subyacente a los terraplenes de arena destinado a transportar el agua procedente de la colocación de las celdas hidráulicas, así como las filtraciones y asegure su drenaje hacia el drenaje primario o drenajes de los dedos.

Los detalles típicos de la disposición para el sistema de subdrenaje se muestran en la Figura 3.1.4 – 1 a continuación.



<u>Figura 3.1.4 – 1</u>*: Detalles típicos del sistema de drenaje inferior (1824-363-CI-DRG-T0054)*

3.2. Playa de Relaves

La playa de relaves tiene la intención de alejar el embalse (al menos 400 metros) de la parte superior del terraplén de arena para reducir las filtraciones y lograr el diseño de francobordo (al menos 4 metros).

Los parámetros de relaves considerados en el diseño de KCB se presentan en la Tabla 3.2 – 1, que incluye ciclón de arena (relave grueso) y los flujos de alimentación y desbordamiento.

Además, consulte la Figura 3.2 -1 para el diagrama de flujo de disposición de relaves también considerado en el informe de diseño de KCB.

Material	Bulk Unit Weight (kN/m^3)	Effective Stress (Drained)		Post-Earthquake	Vertical Hydraulic Conductivity (k_v)	Conductivity Ratio (k_v / k_h)
		Friction Angle	Cohesion (kPa)	Sr/ σ'v		
Feed and Overflow hydraulically placed in TMF	17.5	25°	0	0.08	Beach <250 m from embankment: $5x10^{-6}$ cm/s Beach >250 m from embankment: $1x10^{-6}$ cm/s Below Pond: $1x10^{-7}$ cm/s	0.1
Underflow sand compacted as embankment fill	19.0	34°	0	Not used[1]	$1x10^{-4}$ cm/s	0.2

Notes:
1. Dynamic deformation model includes sensitivity analyses for an elevated water case where portion of embankment shell is saturated. Dynamic response of underflow sand is modelled based on cyclic resistance measured from laboratory test (Figure 6-4).

Tabla 3.2 – 1*: Resumen de las propiedades de ingeniería de relaves (tabla 6-1 en 1824-363-C02-00002B)*

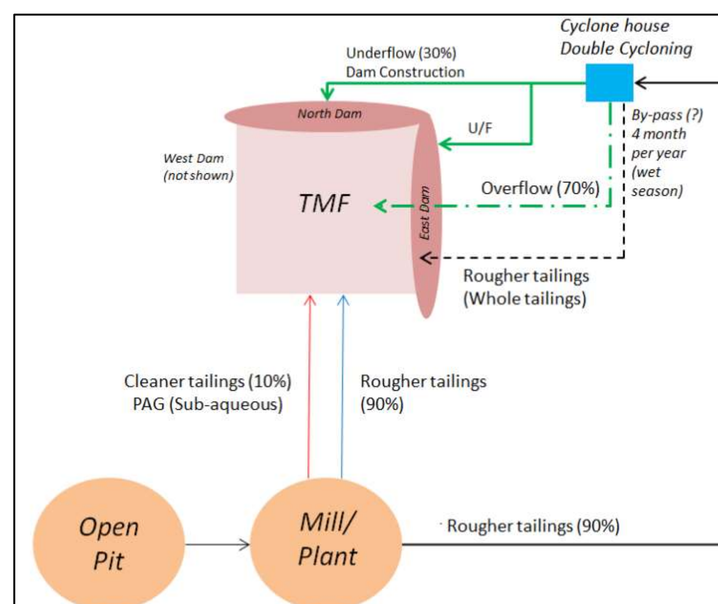


Figura 3.2 – 1*: Ficha de flujo de distribución de relaves (figura 4-1 de KCB 1824-363-C-02-LTR-00007-R0)*

4. Garantía de calidad/control de calidad (GC/CC)

4.1. Monitoreo del terraplén de arena

Para lograr el objetivo de diseño de arena densa ciclónica en la estructura, se ha desarrollado un programa de Aseguramiento y Control de Calidad junto con los trabajos de campo de colocación de relleno de arena ciclónica.

La frecuencia de prueba de control de calidad utilizada para monitorear el material producido de la planta, el material acumulado en los parques de arena y el material en el lugar se muestra en la Tabla 4.1 – 1 junto con la frecuencia especificada según el diseño.

Parameters	Frequency as per Design	Actual Frequency (Current)			
		Material from Plant	Sand Farm	Mechanical Placement	Hydraulic Placement
Sieve Analysis	1 / 2500 m3	4/day	1 / day	1 / lift	3/1000 m2 *1.
Desnsity	1 / 2500 m3	n/a	n / a	1 / lift	3/1000 m2 *2.
Hydraulic Conductivity	1 / week	n/a	n / a	1/month	
Specific Gravity	1 / month	4/day	1/week	1/week	1/week
Maximum Dry Density	1 / 10,000 m3	n/a	1/week	1/week	1/week
Standard proctor	-	n/a	1/week	1/week	1/week

Note:

***1.** The frequency on Sieve Analysis tests at a Hydraulic placement varies depending on the layer depth and the surficial area. A test pit will be made every 1000m2. If one test pit is to be made per cell, it will require sample collections at every 30cm depth. If more than 1 test pit is required, only one of the test pits will require sample collections at every 30cm depth and the other ones will have one representative sample at any depth.

***2.** The frequency on Density tests at a Hydraulic placement varies depending on the layer depth and surficial area. A test pit will be made every 1000m2. Every test pit will require density verification at every 30cm depth (Layers are typically 1m thick which lead to a typical frequency of 3/1000m2).

Tabla 4.1 – 1: *Frecuencia de las pruebas de control de calidad de la arena ciclónica (real y según el diseño)*

4.1.1. Monitoreo de la colocación previa de materiales (plantas ciclónicas y granjas de arena)

A. Monitoreo de la distribución del tamaño de partícula (PSD) antes de la colocación del material

❖ **Programa de Monitoreo de PSD en la Planta de Ciclones:**

La arena de ciclón está aprobada para su uso en función de su cumplimiento con el contenido fino máximo permitido (muestras en promedio ≤ 13% y muestras individuales no superiores al 16%).

La arena ciclonada (Zona S) producida por la planta de ciclones se monitorea diariamente para verificar el cumplimiento de las especificaciones. En caso de exceder el contenido máximo de finura permitido, se notifica inmediatamente al supervisor para que ejecute los ajustes según sea necesario.

❖ **Resultados del monitoreo de la distribución del tamaño de partícula (PSD) en la planta de ciclones:**

Los gráficos que se muestran en la Figura 4.1.1 – 1 resumen la distribución del tamaño de partícula (PSD) de la Zona S producida en la Planta de Ciclones yendo a las Granjas de Arena o a las celdas hidráulicas y la Figura 4.1.1 – 2 muestra una compilación de los contenidos finos (Tamiz #200).

En el Apéndice I se ha incluido una tabla que resume datos más específicos con los ID de la muestra, la fecha, el porcentaje de aprobación y otros detalles.

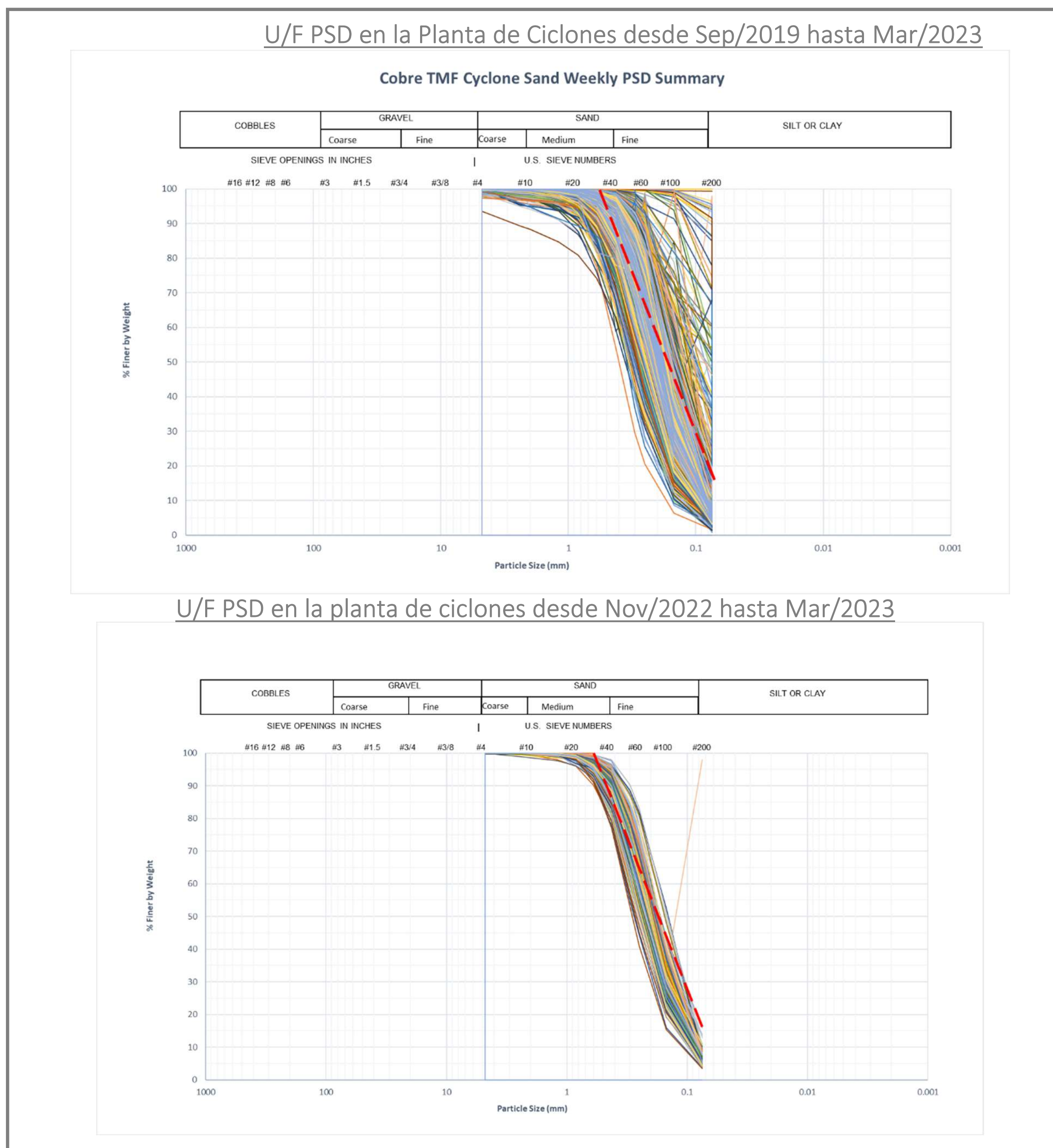
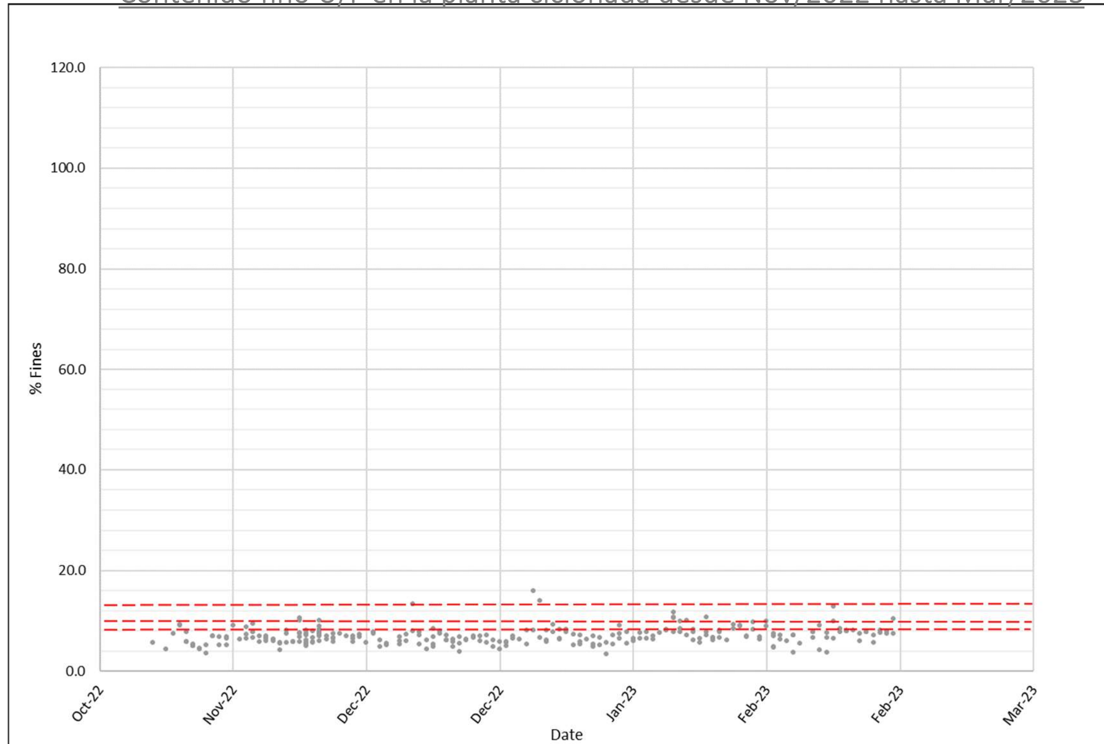


***Figura 4.1.1 – 1**: PSD de U/F en la planta (02/Nov/22 a 08/Mar/2023)*



***<u>Figura 4.1.1 – 2</u>**: Contenido fino de U/F de planta a celdas y granjas de arena (02/Nov/22 a 08/Mar/23)*

Nota: En los puntos donde supera los parámetros permitidos (>16%), los ajustes se realizaron inmediatamente en la Planta de Ciclones de Arena.

- **Programa de Monitoreo de Distribución de Tamaño de Partícula (PSD) en los Granjas de Arena:**

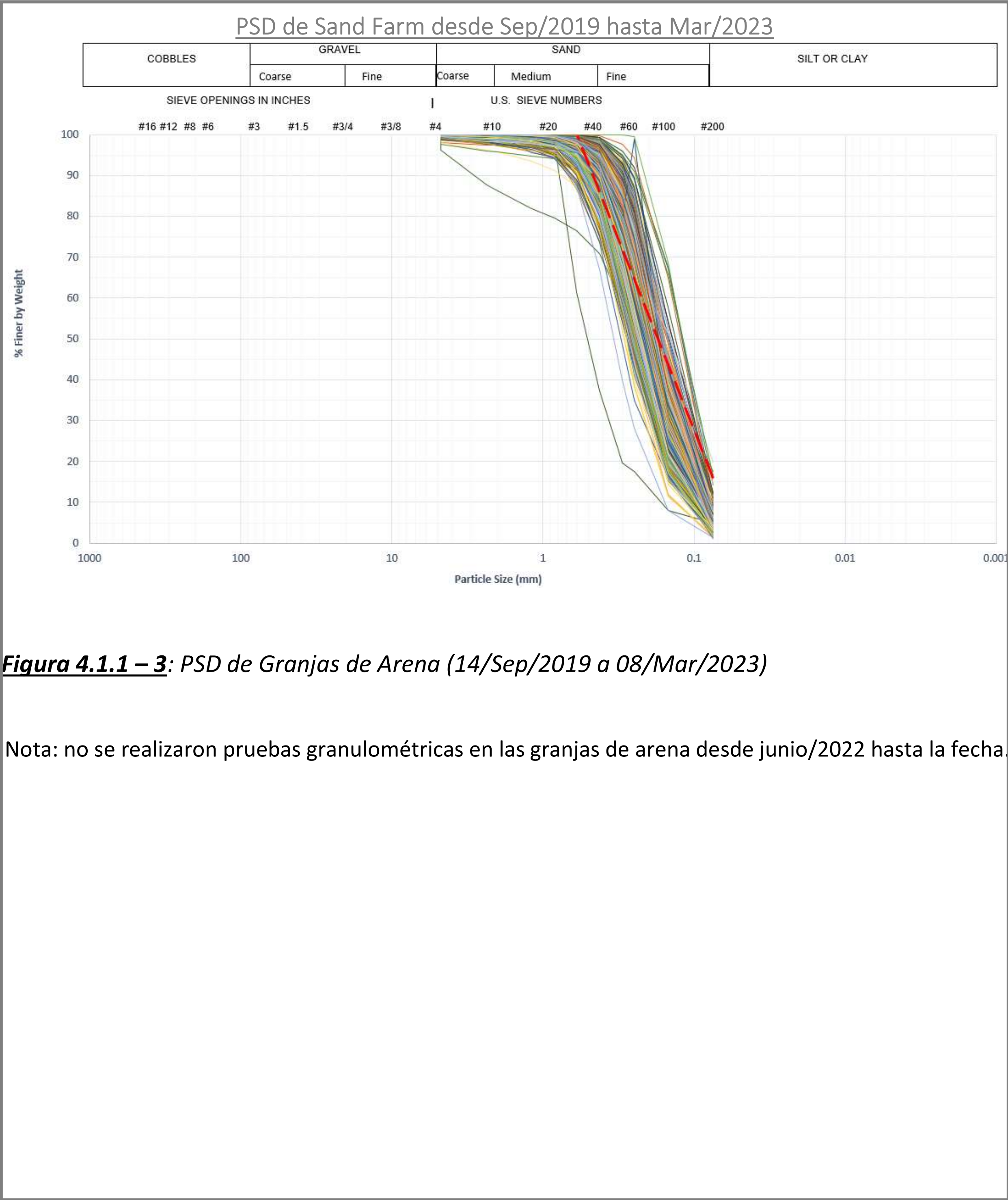
El material utilizado en la colocación mecánica proviene de las granjas de arena, que son el resultado de los depósitos directos de la planta de ciclones.

Todas las granjas de arena son monitoreadas regularmente con el fin de aprobar su uso para la colocación mecánica. En el caso de exceder el contenido máximo de finura permitido, la solicitud del Inspector de Control de Calidad puede volver a realizar hasta 3 pruebas. Si el material continúa fallando, entonces ese material que falla se retira y se desecha.

- **Resultados del monitoreo de la distribución del tamaño de partícula (PSD) en los graneros de arena:**

Los gráficos que se muestran en la Figura 4.1.1 – 3 resumen la distribución del tamaño de partícula (PSD) de la arena ciclonada (Zona S) almacenada para crear los parques de arena y la Figura 4.1.1 – 4 muestra una compilación del contenido fino (Tamiz #200).

En el Apéndice I se ha incluido una tabla que resume datos más específicos a partir de las ID de la muestra, la fecha, el porcentaje de aprobación y otros detalles.



<u>Figura 4.1.1 – 3</u>*: PSD de Granjas de Arena (14/Sep/2019 a 08/Mar/2023)*

Nota: no se realizaron pruebas granulométricas en las granjas de arena desde junio/2022 hasta la fecha.

Contenido fino de la granja de arena desde septiembre de 2021 hasta Marzo de 2023

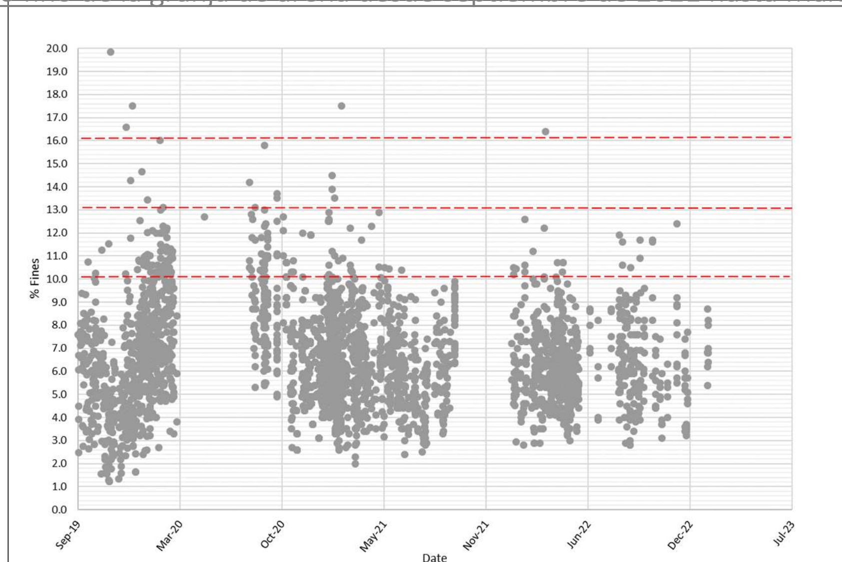


***Figura 4.1.1 – 4**: Resumen del contenido fino de granjas de arena (14/Sep/2019 a 08/Mar/2023)*

Nota: En los puntos donde excede los parámetros permitidos (>16%), los inspectores requirieron 3 nuevas pruebas, todas las pruebas fueron pasadas.

A. Porcentaje de azufre

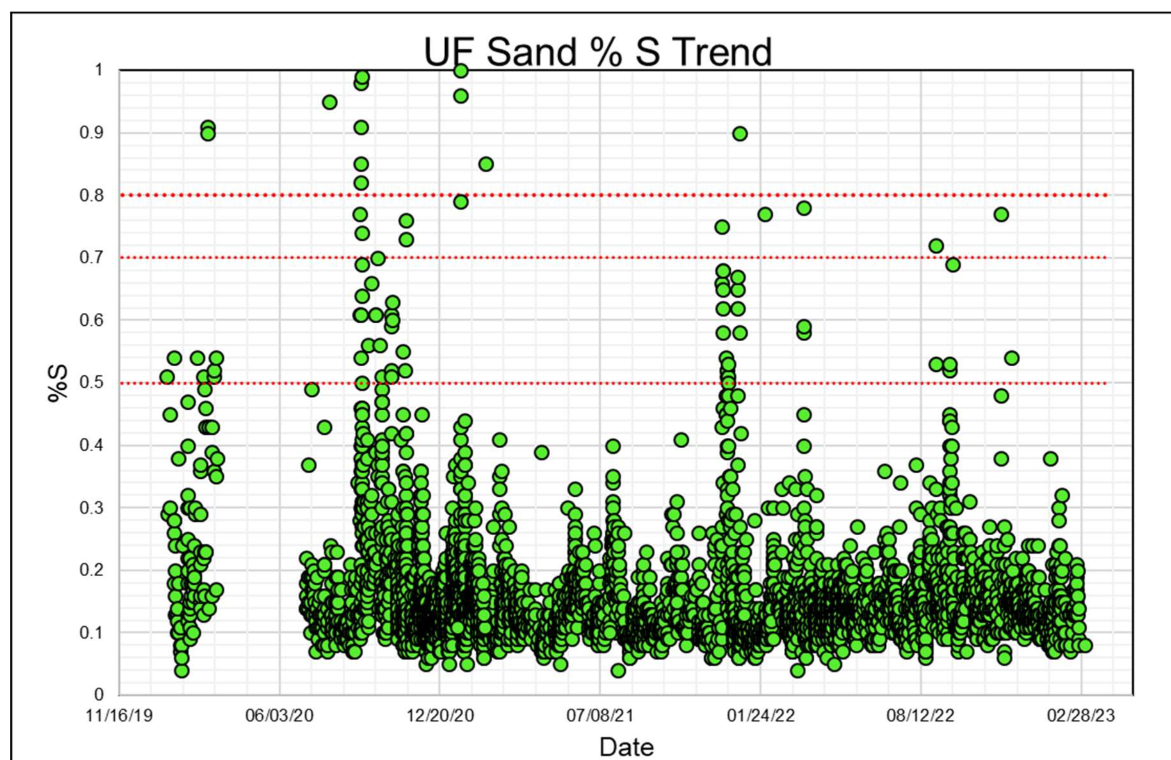


***Figura 4.1.1 – 5**: Resumen de los resultados de azufre de arena de fondo (Sep/2019 a Mar/2023)*

4.1.2. Monitoreo después de la colocación del material (mecánico e hidráulico)

Hay dos métodos diferentes de colocación de materiales utilizados en la conformación de la presa de arena que son la celda mecánica y la hidráulica.

El método de colocación mecánica se utiliza para la colocación inicial (encima del sistema de subdrenaje) como trabajos de preparación en áreas demasiado pequeñas para una hidráulica eficiente.

La colocación del material en todos los casos es seguida por inspecciones y pruebas (PSD, compactación y permeabilidad) para garantizar el cumplimiento de las especificaciones. En caso de incumplimiento, el material se desecha y se reemplaza. (El Apéndice II incluye todos los resultados de la prueba).

B. Monitoreo de la distribución del tamaño de partícula (PSD) después de la colocación

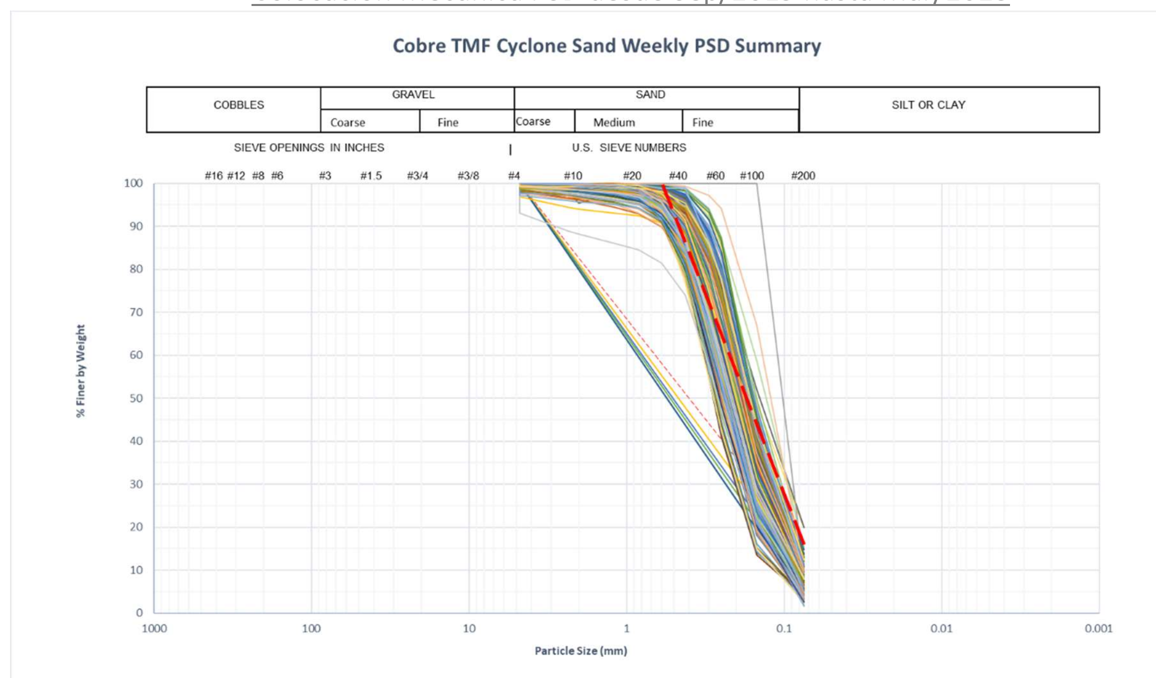
❖ **Programa de Monitoreo PSD después de Colocaciones Mecánicas e Hidráulicas:**

Los parámetros de diseño (muestras en promedio ≤ 13% y muestras individuales no superiores al 16%) deben cumplirse para aprobar la colocación del material. En caso de incumplimiento, el material se vuelve a probar. Si el material continúa fallando, entonces el material debe ser retirado y reemplazado.

❖ **Resultados del monitoreo de PSD después de las colocaciones mecánicas:**

El gráfico que se muestra en la Figura 4.1.2 – 1 resume la distribución del tamaño de partícula (PSD) de la Zona S instalada con el método mecánico. Y la Figura 4.1.2 – 2 muestra una compilación de los contenidos finos (Tamiz #200).

Colocación Mecánica PSD desde Sep/2019 hasta Mar/2023



Colocación Mecánica PSD desde Jun/2022 hasta Mar/2023

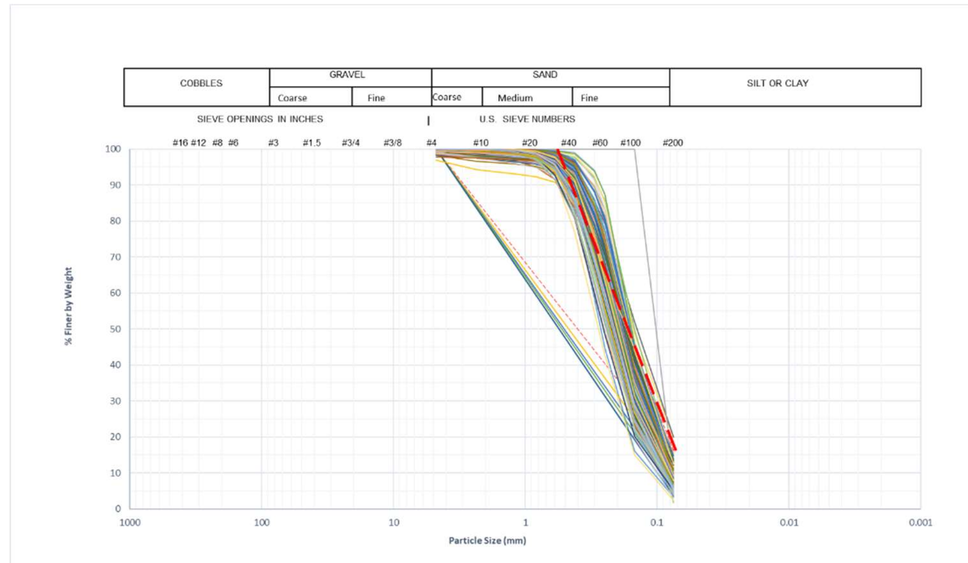


Figura 4.1.2 – 1*: PSD de colocación mecánica U/F (13/Jun/2022 a 08/Mar/2023)*

Hay un aumento significativo en el contenido fino en las colocaciones mecánicas que se origina principalmente por la sección de los terraplenes utilizados como acceso (contaminación del material).

Colocación Mecánica de Contenido Fino desde Sep/2019 hasta Mar/2023

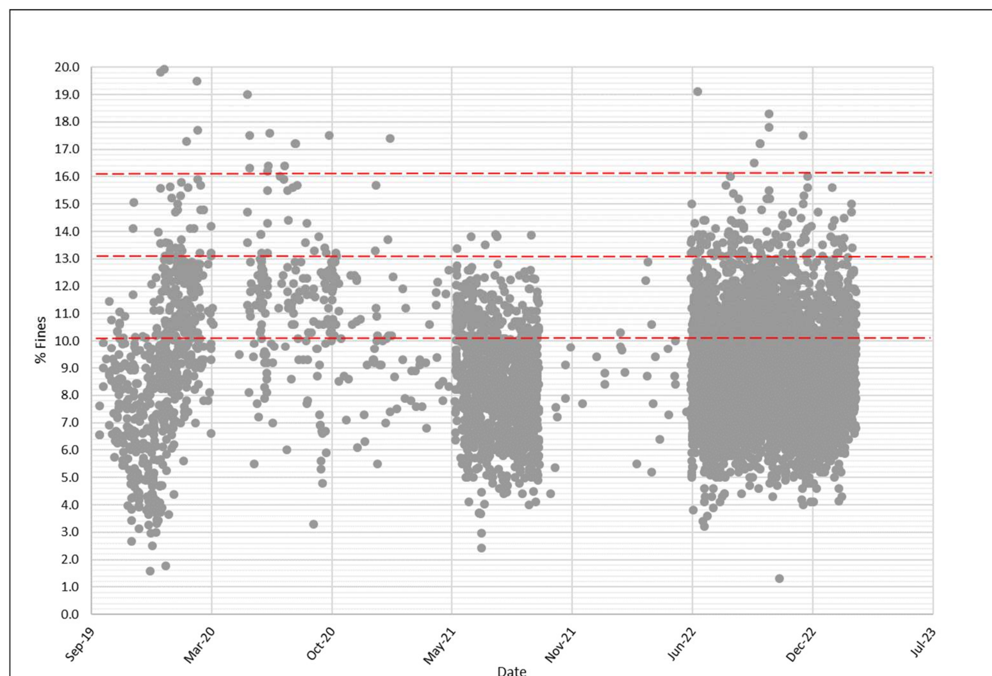


Figura 4.1.2 – 2*: % de colocación mecánica U/F de contenido fino (11/Jun/2022 a 17/Feb/2023)*

Nota: En los puntos donde excede los parámetros permitidos (>16%), los inspectores requirieron 3 nuevas pruebas, todas las pruebas fueron pasadas.

❖ **Resultados del monitoreo PDS después de las colocaciones hidráulicas:**

El gráfico que se muestra en la Figura 11 resume la distribución del tamaño de partícula (PSD) de la Zona S instalada con el método hidráulico. Y la Figura 12 muestra una compilación de los contenidos finos (Tamiz #200).

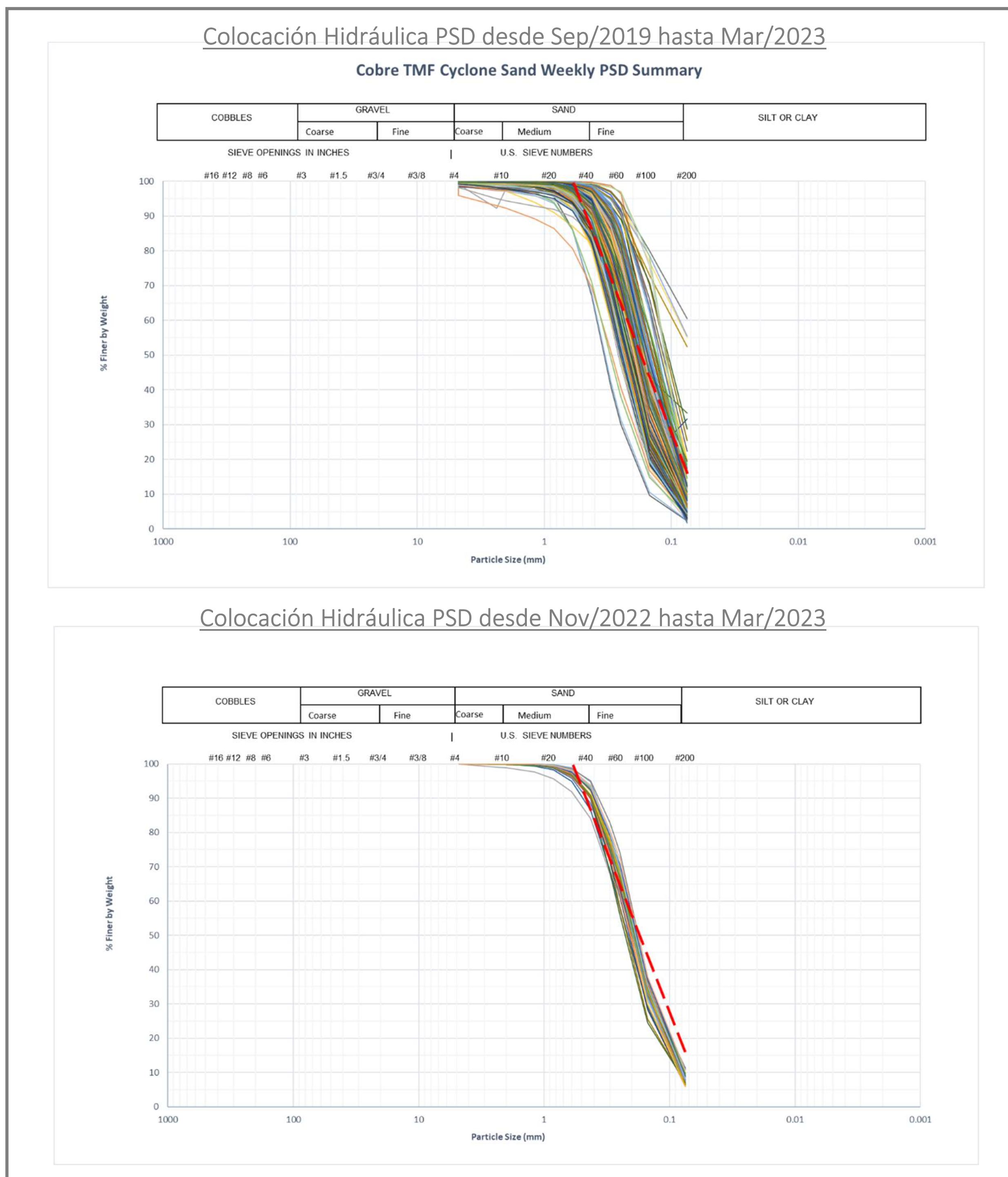


__Figura 4.1.2 – 3__: Colocación hidráulica de PSD (02/Nov/2022 a 08/Mar/2023)

Contenido fino de colocación hidráulica desde sep/2019 hasta Mar/2023

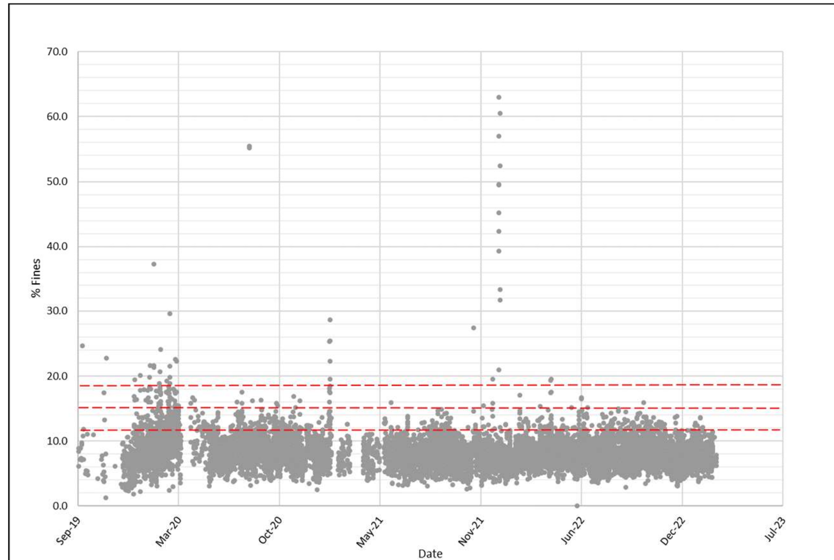


***Figura 4.1.2 – 4**: % de Colocación hidráulica de contenido fino (26/Nov/2019 a 08/Mar/2023)*

Nota: En los puntos donde excede los parámetros permitidos (>16%), los inspectores requirieron 3 nuevas pruebas, todas las pruebas fueron pasadas.

C. Monitoreo de la compactación de campo después de la colocación de arena U/F

❖ Programa de Monitoreo de Compactación de Campo en Colocaciones Mecánicas e Hidráulicas:

Se requiere una densidad mínima del 100% para aprobar la colocación del material. La densidad de campo se prueba mediante el uso de un medidor de densidad nuclear (NDG).

❖ Programa de Monitoreo de Compactación de Campo en Colocaciones Mecánicas e Hidráulicas:

Los resultados de densidad se han resumido en la Figura 4.1.2 – 5 y se han introducido en la tabla incluida en el Apéndice II-A.

Hay un aumento significativo en los resultados fuera de especificaciones desde mayo de 2021 hasta la fecha, predominantemente en las colocaciones mecánicas. En estos eventos de incumplimiento, el material se debe volver a compactar y volver a probar.

Los resultados de la prueba de la corriente aguas arriba del Toe (en la parte superior de la playa de relaves desde la elevación 83.5mRL a 85mRL) se muestran solo como referencia.

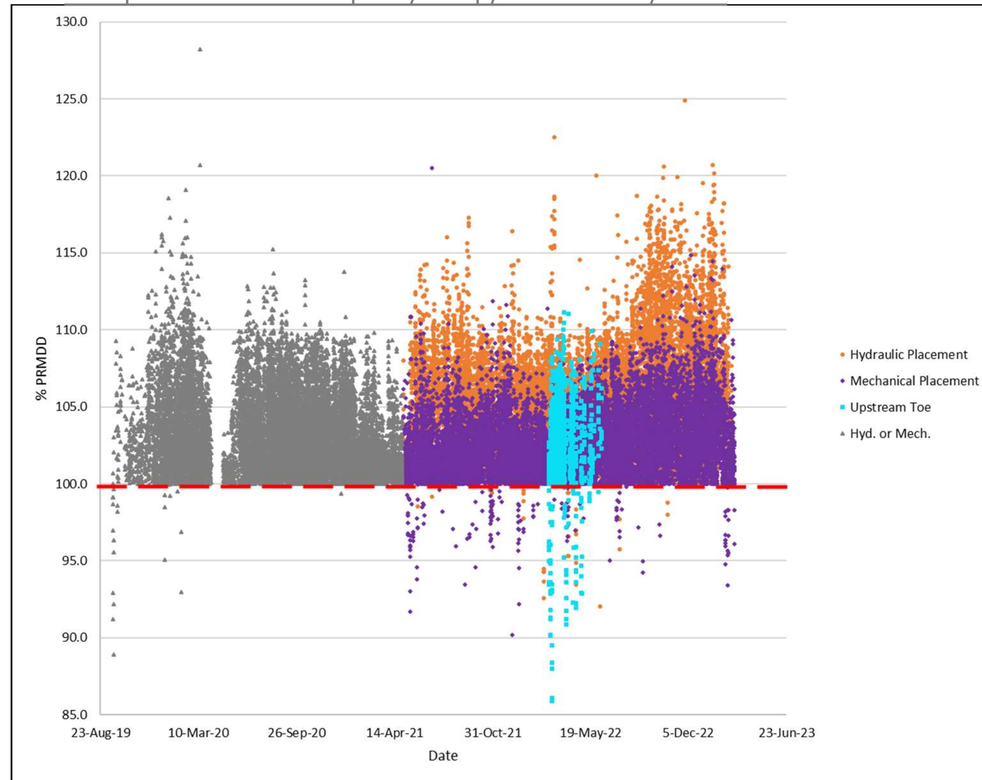


***Figura 4.1.2 – 5**: Compactación de arena ciclonada – NDG (18/Sep/19 a 08/Mar/2023)*

Nota: En los puntos donde no se cumplió el 100% de compactación, los inspectores solicitaron recompactar, todas las pruebas se pasaron.

D. Monitoreo de la conductividad hidráulica después de la colocación (mecánica e hidráulica)

❖ **Programa de monitoreo de conductividad hidráulica después de la colocación de arena U/F:**

La arena del ciclón debe cumplir con una permeabilidad de 1x10-4 cm/s a 3x10-4 cm/s como parámetros mínimos.

❖ **Resultados del monitoreo de conductividad hidráulica después de la colocación de arena U/F:**

La permeabilidad en el material instalado (celda hidráulica y mecánica) se prueba en el campo y en el laboratorio como se explica a continuación (todos los resultados de la hoja de prueba de permeabilidad se adjuntan en el Apéndice II-B):

Los resultados de la prueba no han experimentado un incumplimiento hasta la fecha.

a. Conductividad hidráulica en el campo (Infiltrómetro de doble anillo):

Verificación de permeabilidad en campo mediante la implementación de un infiltrómetro de doble anillo. La Tabla 4.1.2 – 1 y la Figura 4.1.2 – 6 presenta un resumen de la permeabilidad promedio por prueba y el contenido fino.

b. Conductividad hidráulica en el laboratorio (permeabilidad constante del cabezal):

Verificación de la permeabilidad del material de relleno mediante la recolección de muestras y la ejecución de la prueba de permeabilidad constante de cabezal en el laboratorio. La Tabla 4.1.2 – 2 y la Figura 4.1.2 – 7 presentan un resumen de la permeabilidad promedio por prueba y el contenido fino.

Item	Test ID	Date	Permeability cm/s	% Fines	Type of Placement	Item	Test ID	Date	Permeability cm/s	% Fines	Type of Placement
1	MPSA-DRI-007	02/Jul/19	0.0020	9.30%	Hydraulic Placement	40	MPSA-DRI-093	01/Oct/22	0.0032	7.30%	Hydraulic Placement
2	MPSA-DRI-008	08/Feb/20	0.0015	7.60%	Hydraulic Placement	41	MPSA-DRI-094	10/Oct/22	0.0027	7.30%	Hydraulic Placement
3	MPSA-DRI-009	01/Sep/20	0.0019	10.70%	Mechanical Placement	42	MPSA-DRI-095	16/Oct/22	0.0029	6.40%	Hydraulic Placement
4	MPSA-DRI-010SA	29/Sep/20	0.0013	4.80%	Hydraulic Placement	43	MPSA-DRI-096	21/Oct/22	0.0022	4.70%	Hydraulic Placement
5	MPSA-DRI-012SA	02/Nov/20	0.0017	8.30%	Hydraulic Placement	44	MPSA-DRI-097	25/Oct/22	0.0031	5.60%	Hydraulic Placement
6	MPSA-DRI-013SA	02/Nov/20	0.0017	9.20%	Hydraulic Placement	45	MPSA-DRI-098	30/Oct/22	0.0027	10.80%	Hydraulic Placement
7	MPSA-DRI-014	23/Nov/20	0.0013	7.60%	Mechanical Placement	46	MPSA-DRI-099	04/Nov/22	0.0027	7.40%	Hydraulic Placement
9	MPSA-RT-DRI-15	24/Nov/20	0.0015	7.30%	Hydraulic Placement	47	MPSA-DRI-100	09/Nov/22	0.0028	8.60%	Hydraulic Placement
10	MPSA-RT-DRI-16	22/Dec/20	0.0011	9.70%	Hydraulic Placement	48	MPSA-DRI-101	11/Nov/22	0.0023	11.30%	Hydraulic Placement
11	MPSA-RT-DRI-17	02/Feb/21	0.0014	12.60%	Hydraulic Placement	49	MPSA-DRI-102	14/Nov/22	0.0025	7.00%	Hydraulic Placement
12	MPSA-DRI-018	10/Feb/21	0.0015	7.30%	Mechanical Placement	50	MPSA-DRI-103	20/Nov/22	0.0028	7.00%	Hydraulic Placement
13	MPSA-DRI-019	27/Mar/21	0.0002	7.60%	Mechanical Placement	51	MPSA-DRI-104	25/Nov/22	0.0029	6.40%	Hydraulic Placement
14	MPSA-RT-DRI-019 G	19/Mar/21	0.0011	12.40%	Hydraulic Placement	52	MPSA-DRI-105	30/Nov/22	0.0032	7.50%	Hydraulic Placement
15	MPSA-DRI-020	27/Mar/21	0.0012	10.60%	Mechanical Placement	53	MPSA-DRI-106	03/Dec/22	0.0032	8.30%	Hydraulic Placement
16	MPSA-DRI-021	30/Apr/21	0.0010	11.90%	Hydraulic Placement	54	MPSA-DRI-107	07/Dec/22	0.0032	7.50%	Hydraulic Placement
17	MPSA-DRI-022	16/May/21	0.0013	7.90%	Hydraulic Placement	55	MPSA-DRI-108	11/Dec/22	0.0032	6.90%	Hydraulic Placement
18	MPSA-DRI-023	13/Jun/21	0.0025	6.30%	Mechanical Placement	56	MPSA-DRI-109	17/Dec/22	0.0032	6.50%	Hydraulic Placement
19	MPSA-DRI-024	15/Jun/21	0.0029	6.30%	Hydraulic Placement	57	MPSA-DRI-110	20/Dec/22	0.0027	5.00%	Hydraulic Placement
20	MPSA-DRI-025	22/Aug/21	0.0027	10.40%	Hydraulic Placement	58	MPSA-DRI-111	23/Dec/22	0.0030	9.30%	Hydraulic Placement
21	MPSA-DRI-026	07/Sep/21	0.0038	4.80%	Hydraulic Placement	59	MPSA-DRI-112	26/Dec/22	0.0033	6.00%	Hydraulic Placement
22	MPSA-DRI-075	19/Jun/22	0.0037	6.70%	Hydraulic Placement	60	MPSA-DRI-113	01/Jan/23	0.0030	8.10%	Hydraulic Placement
23	MPSA-DRI-076	25/Jun/22	0.0028	12.20%	Hydraulic Placement	61	MPSA-DRI-114	07/Jan/23	0.0029	8.10%	Hydraulic Placement
24	MPSA-DRI-077	02/Jul/22	0.0040	6.10%	Hydraulic Placement	62	MPSA-DRI-115	11/Jan/23	0.0029	6.40%	Hydraulic Placement
25	MPSA-DRI-078	06/Jul/22	0.0025	11.30%	Hydraulic Placement	63	MPSA-DRI-116	14/Jan/23	0.0029	7.10%	Hydraulic Placement
26	MPSA-DRI-079	09/Jul/22	0.0025	7.00%	Hydraulic Placement	64	MPSA-DRI-117	17/Jan/23	0.0025	7.60%	Hydraulic Placement
27	MPSA-DRI-080	17/Jul/22	0.0035	7.30%	Hydraulic Placement	65	MPSA-DRI-118	21/Jan/23	0.0030	6.00%	Hydraulic Placement
28	MPSA-DRI-081	23/Jul/22	0.0032	9.60%	Hydraulic Placement	66	MPSA-DRI-119	25/Jan/23	0.0024	7.60%	Hydraulic Placement
29	MPSA-DRI-082	30/Jul/22	0.0025	8.20%	Hydraulic Placement	67	MPSA-DRI-120	27/Jan/23	0.0027	6.10%	Hydraulic Placement
30	MPSA-DRI-083	05/Aug/22	0.0032	11.20%	Hydraulic Placement	68	MPSA-DRI-121	31/Jan/23	0.0029	9.10%	Hydraulic Placement
31	MPSA-DRI-084	14/Aug/22	0.0025	5.20%	Hydraulic Placement	69	MPSA-DRI-122	03/Feb/23	0.0026	10.70%	Hydraulic Placement
32	MPSA-DRI-085	19/Aug/22	0.0011	9.90%	Hydraulic Placement	70	MPSA-DRI-123	07/Feb/23	0.0287	9.10%	Hydraulic Placement
33	MPSA-DRI-086	26/Aug/22	0.0029	11.40%	Hydraulic Placement	71	MPSA-DRI-124	10/Feb/23	0.0030	6.30%	Hydraulic Placement
34	MPSA-DRI-087	04/Sep/22	0.0028	11.20%	Hydraulic Placement	72	MPSA-DRI-125	14/Feb/23	0.0026	9.50%	Hydraulic Placement
35	MPSA-DRI-088	06/Sep/22	0.0062	3.60%	Hydraulic Placement	73	MPSA-DRI-126	17/Feb/23	0.0029	8.20%	Hydraulic Placement
36	MPSA-DRI-089	11/Sep/22	0.0017	10.70%	Hydraulic Placement	74	MPSA-DRI-127	24/Feb/23	0.0030	9.00%	Hydraulic Placement
37	MPSA-DRI-090	15/Sep/22	0.0025	6.80%	Hydraulic Placement	75	MPSA-DRI-128	28/Feb/23	0.0027	10.60%	Hydraulic Placement
38	MPSA-DRI-091	24/Sep/22	0.0035	8.10%	Hydraulic Placement	76	MPSA-DRI-129	03/Mar/23	0.0016	6.40%	Hydraulic Placement
39	MPSA-DRI-092	27/Sep/22	0.0036	6.70%	Hydraulic Placement	77	MPSA-DRI-130	08/Mar/23	0.0017	8.30%	Hydraulic Placement

***Tabla 4.1.2 – 1**: Infiltrómetro de doble anillo y contenido fino del 2/Jul/19 al 08/Mar/23 (en campo)*

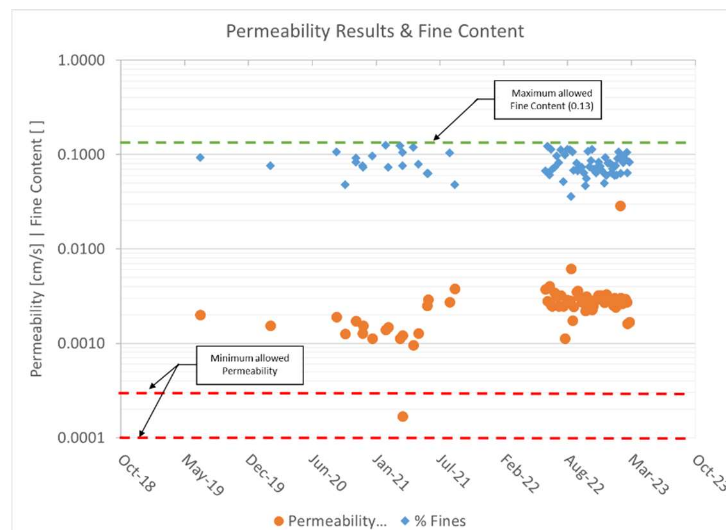


***Figura 4.1.2 – 6**: Infiltrómetro de doble anillo y contenido fino del 2/Jul/19 al 03/Mar/23 (en campo)*

Item	Test ID	Date	Permeability cm/s	% Fines	Type of Placement	Item	Test ID	Date	Permeability cm/s	% Fines	Type of Placement
1	MPSA-PERM-007	13/Jun/20	0.000893	5.80%	Hydraulic Placement	59	MPSA-PERM-069	29/May/22	0.002985	9.90%	Mechanical Placement
2	MPSA-PERM-008	03/Jul/20	0.000456	9.30%	Hydraulic Placement	60	MPSA-PERM-070	03/Jun/22	0.001048	7.80%	Hydraulic Placement
3	MPSA-PERM-009	09/Aug/20	0.000567	7.60%	Mechanical Placement	61	MPSA-PERM-071	04/Jun/22	0.000507	8.70%	Hydraulic Placement
4	MPSA-PERM-010	05/Sep/20	0.000293	10.00%	Hydraulic Placement	62	MPSA-PERM-075	25/Jun/22	0.000547	12.20%	Hydraulic Placement
5	MPSA-PERM-011	30/Sep/20	0.000307	4.80%	Hydraulic Placement	63	MPSA-PERM-077	02/Jul/22	0.009943	6.20%	Hydraulic Placement
6	MPSA-PERM-012	05/Nov/20	0.000590	8.30%	Hydraulic Placement	64	MPSA-PERM-078	06/Jul/22	0.003691	11.30%	Hydraulic Placement
7	MPSA-PERM-013	07/Nov/20	0.000789	9.20%	Mechanical Placement	65	MPSA-PERM-079	09/Jul/22	0.000489	7.00%	Hydraulic Placement
8	MPSA-PERM-014	23/Nov/20	0.000171	7.60%	Hydraulic Placement	66	MPSA-PERM-080	17/Jul/22	0.015389	7.30%	Hydraulic Placement
9	MPSA-PERM-015	24/Nov/20	0.000538	7.30%	Hydraulic Placement	67	MPSA-PERM-081	23/Jul/22	0.004837	7.30%	Hydraulic Placement
10	MPSA-PERM-016	28/Dec/20	0.000157	9.70%	Hydraulic Placement	68	MPSA-PERM-082	30/Jul/22	0.002964	8.20%	Hydraulic Placement
11	MPSA-PERM-017	02/Feb/21	0.000157	12.30%	Hydraulic Placement	69	MPSA-PERM-084	14/Aug/22	0.009643	5.20%	Hydraulic Placement
12	MPSA-PERM-018	15/Feb/21	0.007078	7.30%	Mechanical Placement	70	MPSA-PERM-085	19/Aug/22	0.003593	9.90%	Hydraulic Placement
13	MPSA-PERM-019	21/Mar/21	0.000966	12.30%	Mechanical Placement	71	MPSA-PERM-086	26/Aug/22	0.004145	11.40%	Hydraulic Placement
14	MPSA-PERM-020	28/Mar/21	0.002849	10.60%	Hydraulic Placement	72	MPSA-PERM-087	04/Sep/22	0.004367	11.20%	Hydraulic Placement
15	MPSA-PERM-021	02/May/21	0.001991	11.90%	Hydraulic Placement	73	MPSA-PERM-088	06/Sep/22	0.009244	3.60%	Hydraulic Placement
16	MPSA-PERM-022	16/May/21	0.002746	7.90%	Hydraulic Placement	74	MPSA-PERM-089	11/Sep/22	0.002595	10.70%	Hydraulic Placement
17	MPSA-PERM-023	14/Jun/21	0.002028	9.90%	Mechanical Placement	75	MPSA-PERM-090	15/Sep/22	0.006339	6.80%	Hydraulic Placement
18	MPSA-PERM-024	20/Jun/21	0.003009	6.30%	Hydraulic Placement	76	MPSA-PERM-091	24/Sep/22	0.004971	8.10%	Hydraulic Placement
19	MPSA-PERM-025	22/Aug/21	0.002452	10.40%	Hydraulic Placement	77	MPSA-PERM-092	27/Sep/22	0.007175	6.70%	Hydraulic Placement
20	MPSA-PERM-026	07/Sep/21	0.004178	4.80%	Hydraulic Placement	78	MPSA-PERM-093	01/Oct/22	0.000621	7.30%	Hydraulic Placement
21	MPSA-PERM-027	17/Oct/21	0.006341	5.20%	Hydraulic Placement	79	MPSA-PERM-094	10/Oct/22	0.000623	7.30%	Hydraulic Placement
22	MPSA-PERM-028	28/Oct/21	0.002497	7.00%	Hydraulic Placement	80	MPSA-PERM-095	16/Oct/22	0.005678	6.40%	Hydraulic Placement
23	MPSA-PERM-029	08/Nov/21	0.003587	6.40%	Hydraulic Placement	81	MPSA-PERM-096	21/Oct/22	0.001059	4.70%	Hydraulic Placement
24	MPSA-PERM-030	12/Nov/21	0.005494	6.40%	Hydraulic Placement	82	MPSA-PERM-097	25/Oct/22	0.001043	5.60%	Hydraulic Placement
25	MPSA-PERM-031	12/Nov/21	0.001641	16.90%	Mechanical Placement	83	MPSA-PERM-098	30/Oct/22	0.002498	10.80%	Hydraulic Placement
26	MPSA-PERM-032	12/Nov/21	0.001450	11.00%	Mechanical Placement	84	MPSA-PERM-099	04/Nov/22	0.002498	7.40%	Hydraulic Placement
27	MPSA-PERM-033	15/Nov/21	0.002629	10.20%	Hydraulic Placement	85	MPSA-PERM-100	09/Nov/22	0.002770	8.60%	Hydraulic Placement
28	MPSA-PERM-034	18/Nov/21	0.004458	9.20%	Mechanical Placement	86	MPSA-PERM-101	11/Nov/22	0.002917	11.30%	Hydraulic Placement
29	MPSA-PERM-035	24/Nov/21	0.003206	9.30%	Mechanical Placement	87	MPSA-PERM-102	14/Nov/22	0.004963	7.00%	Hydraulic Placement
30	MPSA-PERM-036	29/Nov/21	0.002641	9.80%	Mechanical Placement	88	MPSA-PERM-103	20/Nov/22	0.001199	7.00%	Hydraulic Placement
31	MPSA-PERM-037	07/Dec/21	0.005092	7.50%	Hydraulic Placement	89	MPSA-PERM-104	25/Nov/22	0.004754	6.40%	Hydraulic Placement
32	MPSA-PERM-038	20/Dec/21	0.000883	7.30%	Hydraulic Placement	90	MPSA-PERM-105	30/Nov/22	0.004731	7.50%	Hydraulic Placement
33	MPSA-PERM-039	27/Dec/21	0.003038	10.60%	Mechanical Placement	91	MPSA-PERM-106	03/Dec/22	0.003059	8.30%	Hydraulic Placement
34	MPSA-PERM-040	07/Jan/22	0.001620	7.10%	Hydraulic Placement	92	MPSA-PERM-107	07/Dec/22	0.003883	7.50%	Hydraulic Placement
35	MPSA-PERM-041	15/Jan/22	0.002217	9.70%	Mechanical Placement	93	MPSA-PERM-108	11/Dec/22	0.004889	6.90%	Hydraulic Placement
36	MPSA-PERM-042	01/Feb/22	0.007107	5.80%	Hydraulic Placement	94	MPSA-PERM-109	17/Dec/22	0.005693	6.50%	Hydraulic Placement
37	MPSA-PERM-043	06/Feb/22	0.005481	7.00%	Hydraulic Placement	95	MPSA-PERM-110	20/Dec/22	0.008618	5.00%	Hydraulic Placement
38	MPSA-PERM-044	10/Feb/22	0.005271	6.30%	Hydraulic Placement	96	MPSA-PERM-111	23/Dec/22	0.004509	9.30%	Hydraulic Placement
39	MPSA-PERM-045	10/Feb/22	0.003824	10.30%	Mechanical Placement	97	MPSA-PERM-112	26/Dec/22	0.006933	6.00%	Hydraulic Placement
40	MPSA-PERM-046	14/Feb/22	0.003431	9.50%	Hydraulic Placement	98	MPSA-PERM-113	01/Jan/23	0.006657	8.10%	Hydraulic Placement
41	MPSA-PERM-047	20/Feb/22	0.000479	9.60%	Hydraulic Placement	99	MPSA-PERM-114	07/Jan/23	0.001979	8.10%	Hydraulic Placement
42	MPSA-PERM-048	21/Feb/22	0.000687	7.10%	Mechanical Placement	100	MPSA-PERM-115	11/Jan/23	0.005576	6.40%	Hydraulic Placement
43	MPSA-PERM-049	25/Feb/22	0.003928	10.00%	Mechanical Placement	101	MPSA-PERM-116	14/Jan/23	0.003228	7.10%	Hydraulic Placement
44	MPSA-PERM-050	06/Mar/22	0.000880	7.80%	Hydraulic Placement	102	MPSA-PERM-117	17/Jan/23	0.002695	7.60%	Hydraulic Placement
45	MPSA-PERM-051	07/Mar/22	0.002394	8.50%	Hydraulic Placement	103	MPSA-PERM-118	21/Jan/23	0.009522	6.00%	Hydraulic Placement
46	MPSA-PERM-052	13/Mar/22	0.003931	5.60%	Hydraulic Placement	104	MPSA-PERM-119	25/Jan/23	0.002966	7.60%	Hydraulic Placement
47	MPSA-PERM-053	20/Mar/22	0.004375	9.60%	Mechanical Placement	105	MPSA-PERM-120	27/Jan/23	0.002884	6.10%	Hydraulic Placement
48	MPSA-PERM-054	22/Mar/22	0.003923	9.60%	Mechanical Placement	106	MPSA-PERM-121	31/Jan/23	0.005031	9.10%	Hydraulic Placement
49	MPSA-PERM-055	26/Mar/22	0.000212	13.10%	Hydraulic Placement	107	MPSA-PERM-122	03/Feb/23	0.002062	10.70%	Hydraulic Placement
50	MPSA-PERM-056	07/Apr/22	0.002248	13.80%	Mechanical Placement	108	MPSA-PERM-123	07/Feb/23	0.002917	9.10%	Hydraulic Placement
51	MPSA-PERM-057	09/Apr/22	0.002814	10.50%	Mechanical Placement	109	MPSA-PERM-124	10/Feb/23	0.002678	6.30%	Hydraulic Placement
52	MPSA-PERM-058	15/Apr/22	0.000223	11.00%	Hydraulic Placement	110	MPSA-PERM-125	14/Feb/23	0.004063	9.50%	Hydraulic Placement
53	MPSA-PERM-061	01/May/22	0.005704	8.30%	Hydraulic Placement	111	MPSA-PERM-126	17/Feb/23	0.005374	8.20%	Hydraulic Placement
54	MPSA-PERM-062	04/May/22	0.003784	9.30%	Mechanical Placement	112	MPSA-PERM-127	24/Feb/23	0.000564	9.00%	Hydraulic Placement
55	MPSA-PERM-063	08/May/22	0.000199	10.40%	Mechanical Placement	113	MPSA-PERM-128	28/Feb/23	0.001721	10.60%	Hydraulic Placement
56	MPSA-PERM-064	10/May/22	0.004761	11.90%	Mechanical Placement	114	MPSA-PERM-129	03/Mar/23	0.005614	6.40%	Hydraulic Placement
57	MPSA-PERM-065	16/May/22	0.000345	8.60%	Mechanical Placement	115	MPSA-PERM-130	08/Mar/23	0.004516	8.30%	Hydraulic Placement
58	MPSA-PERM-066	16/May/22	0.000526	6.70%	Mechanical Placement						

Tabla 4.1.2 – 2: *Permeabilidad constante del cabezal y contenido fino del 2/Jul/19 al 08/Mar/23 (en laboratorio)*

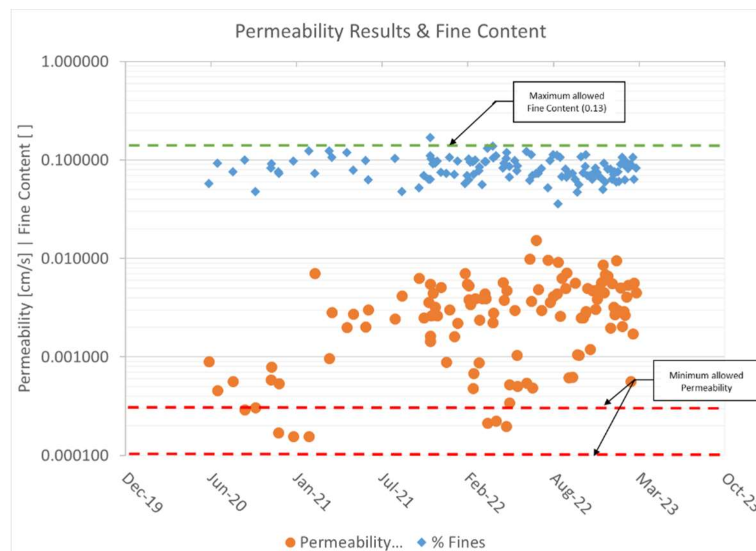


Figura 4.1.2 – 7: *Permeabilidad constante del cabezal y contenido fino del 2/Jul/19 al 02/Mar/23 (en laboratorio)*

4.2. Monitoreo de la playa de relaves

Los relaves más ásperos que provienen de la planta de proceso (así como el carroñero) se están distribuyendo actualmente dentro del TMF como se muestra en la Figura 17.

En general, hay 4 líneas operativas que descargan las colas en el TMF formando la playa de relaves; y dos (2) de esas líneas de relaves más rugosas alimentan simultáneamente la Planta de Ciclones de Arena.

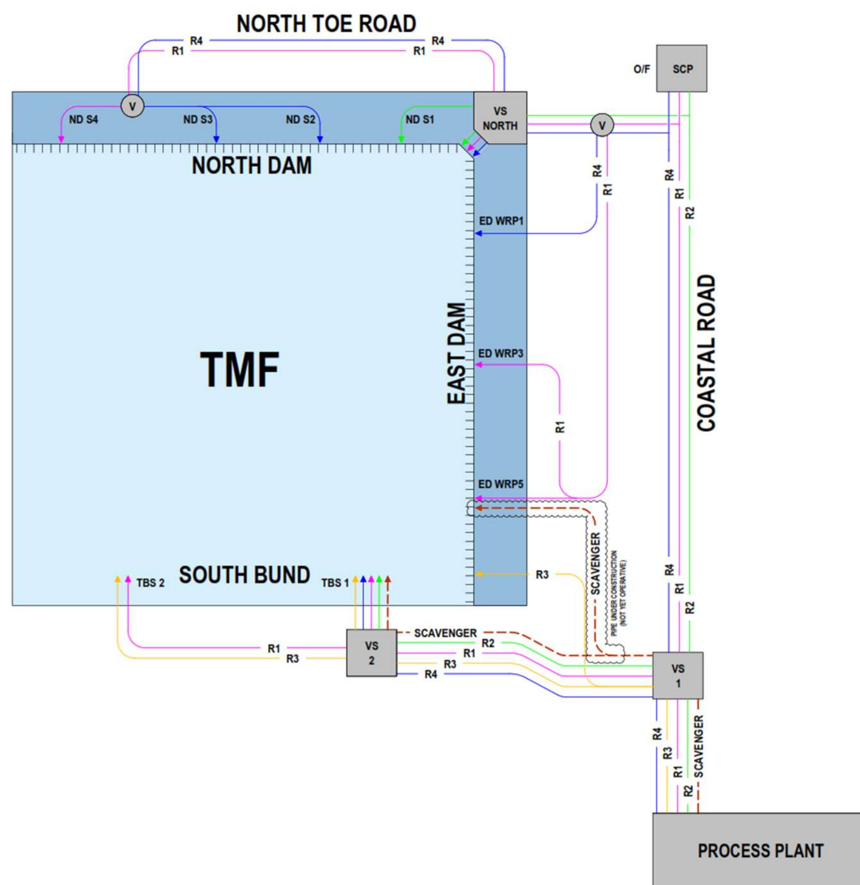
Los relaves más ásperos están hechos de arena que tienen un contenido fino de 50% a 60%. Una vez que este material llega a la Planta de Ciclones de Arena, se comporta de la siguiente manera:

- **1° Etapa**

El contenido fino dentro de la arena se reduce del 55% a un rango de 20%-30%

- **2ª Etapa:** Subflujo (U/F) o Arena Ciclónica (Zona 3)

El contenido fino dentro de la arena se reduce de un rango de 20%-30% a menos de 7%.



*<u>**Figura 4.2 – 1**</u>: Esquema de distribución de relaves actuales*

a. DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS

Depósito de relaves desde Sep/2019 hasta Nov/2022

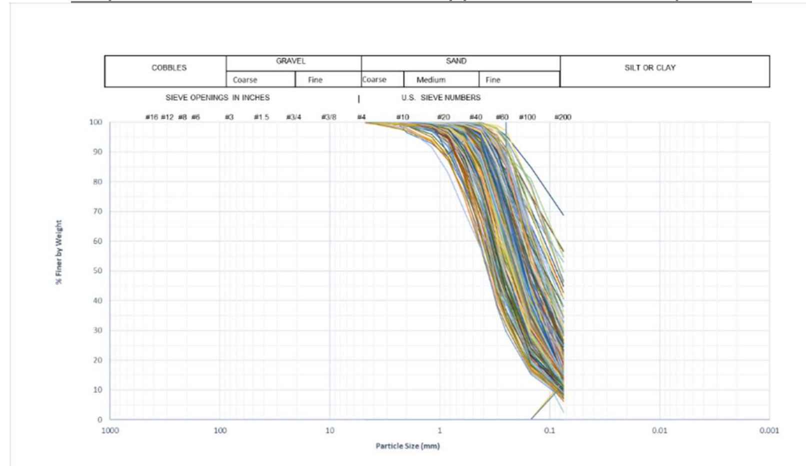


***Figura 4.2 – 2**: Depósito de relaves desde Sep/2019 hasta Mar/2023*

c. Resultados de la prueba de penetración de cono sísmico

Trabajo en Progreso

d. Pruebas de laboratorio de relaves

Prueba	Parámetros	Paterson & Cooke	
		Etapa 1	Etapa 2 UF
Densidad relativa	Densidad relativa	0%	0%
	Densidad mínima del índice (Kg/m3)	1334	1320
	Densidad relativa	100 %	100 %
	Densidad máxima del índice (Kg/m3)	1691	1663
ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL	Esfuerzo previo a la consolidación (kPa)	353	415
Cizalla directa	Resistencia de pico (kPa)	160.7	163.1
	Ángulo de fricción	31,6	32.4
	COHESIÓN (kPa)	6.5	6.6
Conductividad hidráulica de pared flexible	Multas	-	-
	Conductividad (cm/s)	1.90E-02	1,30E-01
Comp. triaxial sin drenar	Ángulo de fricción interno (efectivo)	36,8	42,2
	Cohesión (kPa) (efectiva)	-	-
Comp. triaxial drenada	Ángulo de fricción interna	39.9	35
	COHESIÓN (kPa)	1.7	32.2

***Tabla 4.2 – 3**: Resultados del laboratorio de relaves*

5. SEGUIMIENTO DEL PROGRESO

5.1. Terraplenes de arena

La construcción de la presa de arranque comenzó a mediados de 2019 y luego dio lugar a la puesta en marcha de la construcción de la presa de arena por Etapas de Elevación.

La etapa de elevación de la presa uno (1), dos (2) y tres (3) ya se ha completado y la elevación de cuatro (4) está en curso.

El aumento de cuatro (4) representará una elevación en el lado de la cresta, de RL 91m a 95m; y una elevación en el lado del contrafuerte, a 74m en la presa norte y 77m en la presa este.

Las cantidades estimadas, las fechas de entrega y el progreso actual se han resumido en la Tabla 5.1 – 1 a continuación.

Stage	Volumen (m3)			Progress as of 03/08/2023	Expected Completion	Actual Completion
	North Dam	East Dam	Total			
Raise 1	2,909,241	305,611	3,214,852	100%	3/31/2021	3/31/2021
Raise 2	1,620,532	318,743	1,939,275	100%	8/31/2021	10/10/2021
Raise 3	4,797,398	2,375,419	7,172,817	100%	7/15/2022	8/7/2022
Raise 4	3,761,647	2,151,051	5,912,698	81%	5/1/2023	-
Raise 5	2,582,796	2,348,654	4,931,450	2%	2/19/2024	-

Tabla 5.1 – 1: *Cantidades generales, cronograma y progreso de la presa de arena*

5.1.1. Planificación Vs Real

La planificación y el seguimiento de los volúmenes reales colocados están siendo ejecutados regularmente por el equipo de control del proyecto Earthworks.

Las Figuras 5.1.1 – 1 y 5.1.1 – 2 muestran el plan Vs real para la colocación de materiales en la Presa Norte y la Presa Este, respectivamente.

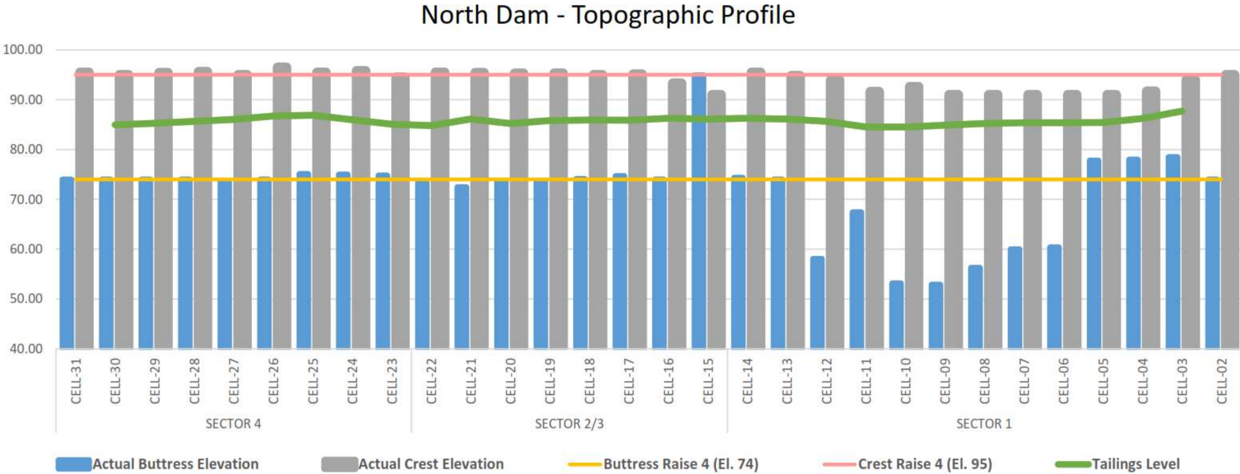


Figura 5.1.1 – 1: *Progreso de la presa norte a partir del 08/Mar/2023 – Elevación de la presa de arena*

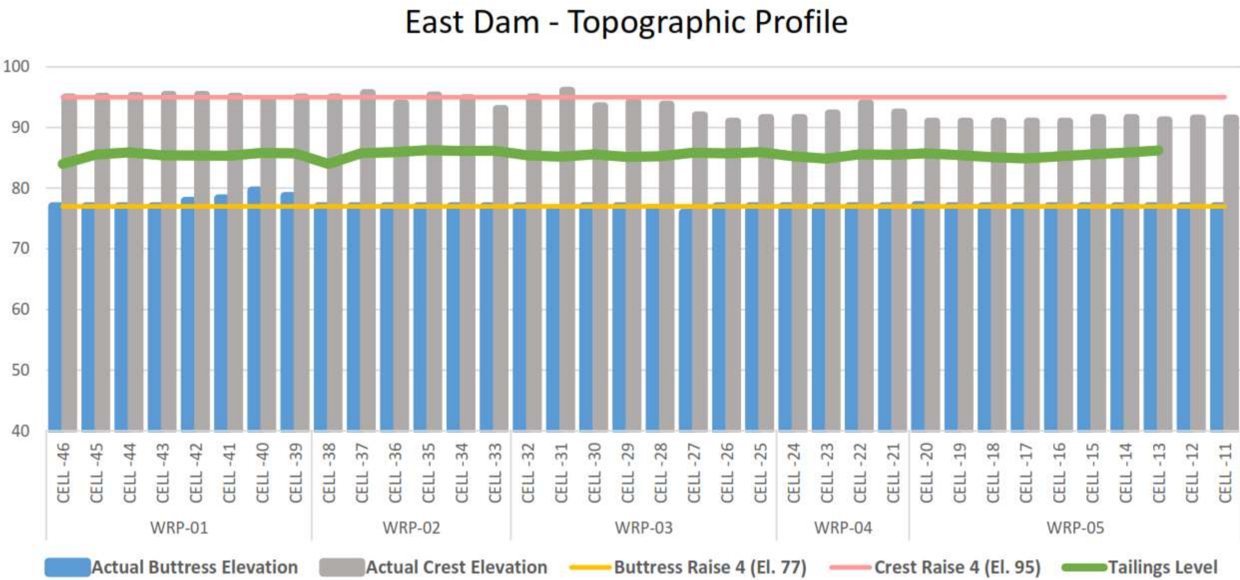


Figura 5.1.1 – 2: *Progreso de la presa este a partir del 08/Mar/2023 – Elevación de la presa de arena*

5.1.2. Datos As-Built (03/Nov/2022)

El progreso de la presa de arena se registra diariamente con la recopilación de datos de la encuesta.

Con base en el As-Built a partir del 8 de Marzo de 2023, se emitió un conjunto de dibujos (Apéndice II) para visualizar el progreso actual de la presa que se muestra en una vista general en planta y 4 vistas de sección en la Figura 5.1.2 – 1 a 5.1.2 – 5 a continuación.

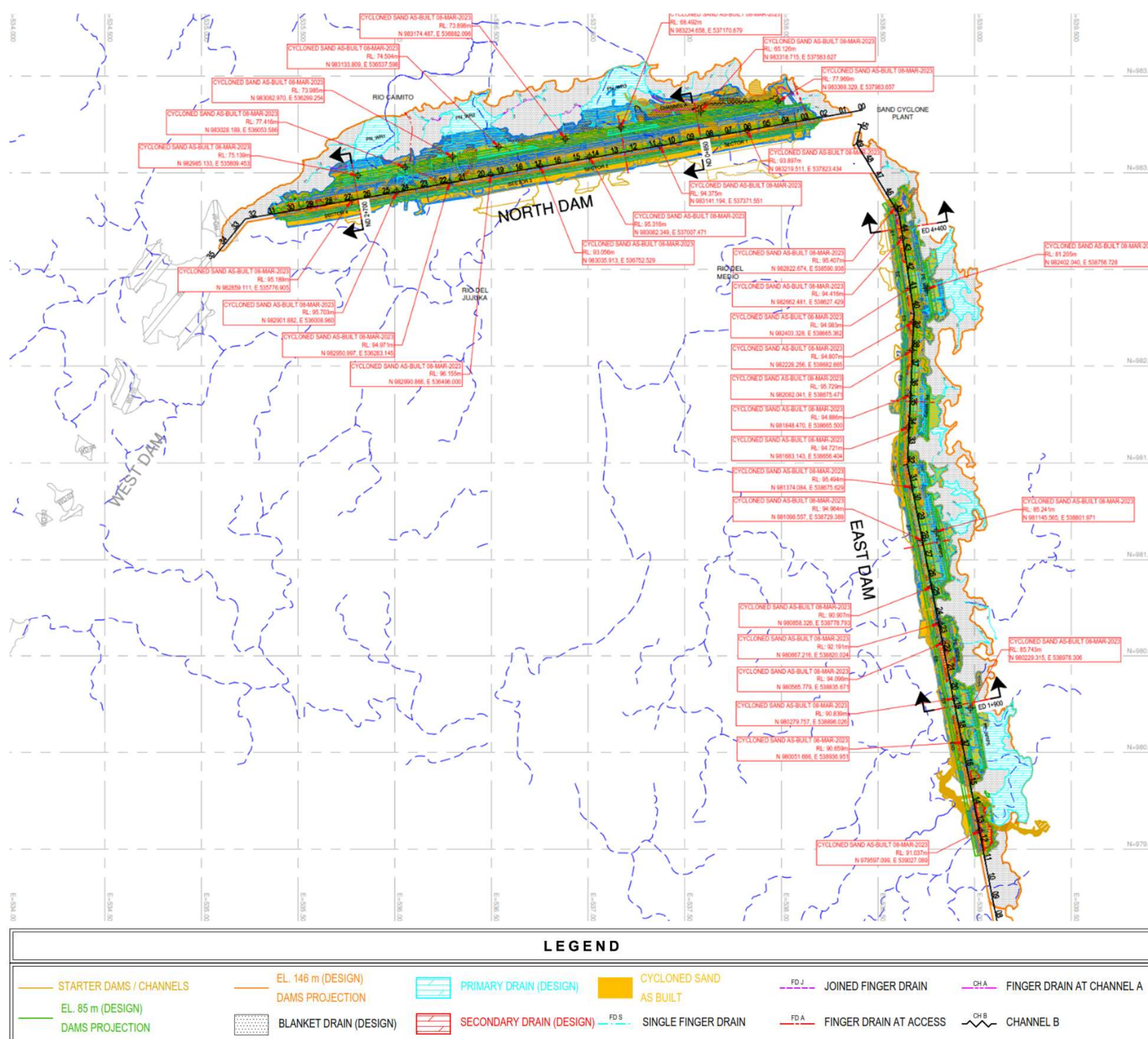
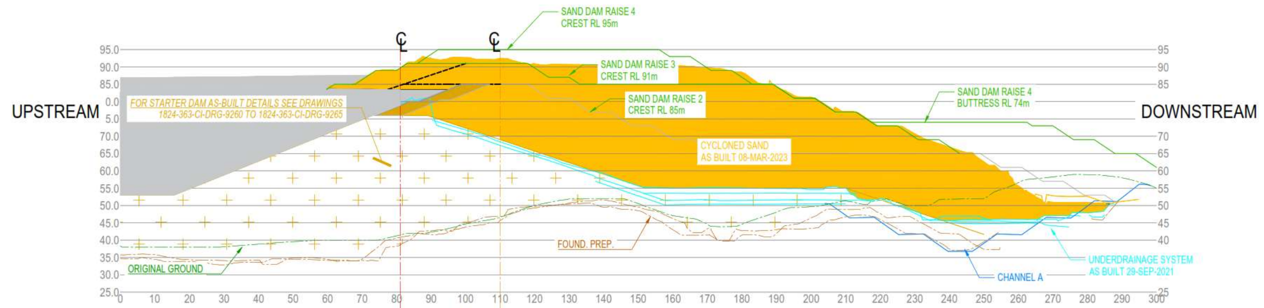
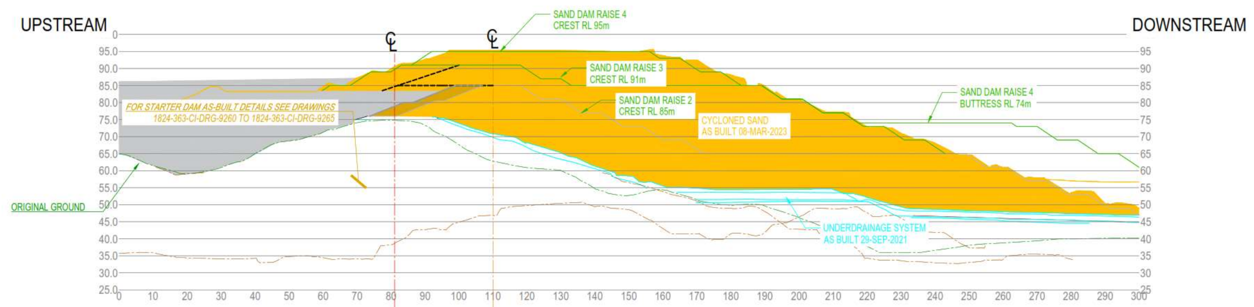


Figura 5.1.2 – 1: *Presa de arena del ciclón de relaves – Vista en planta – Tal como se construyó 08/Marzo/2023*



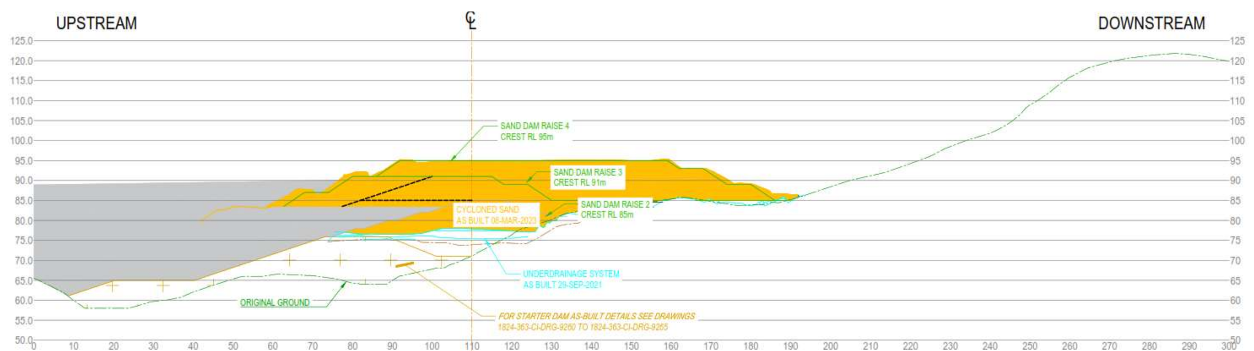
<u>Figura 5.1.2 – 2:</u> *Sección de construcción de la presa norte en 0+850 – 08/Marzo/2023*



<u>Figura 5.1.2 – 3:</u> *Sección de Presa Norte As-Built en 1+250 – 08/Marzo/2023*



<u>Figura 5.1.2 – 4:</u> *Sección de Presa Norte As-Built en 2+650 – 08/Marzo/2023*



<u>Figura 5.1.2 – 5:</u> *Sección de Presa Este As-Built a 4+400 – 08/Marzo/2023*

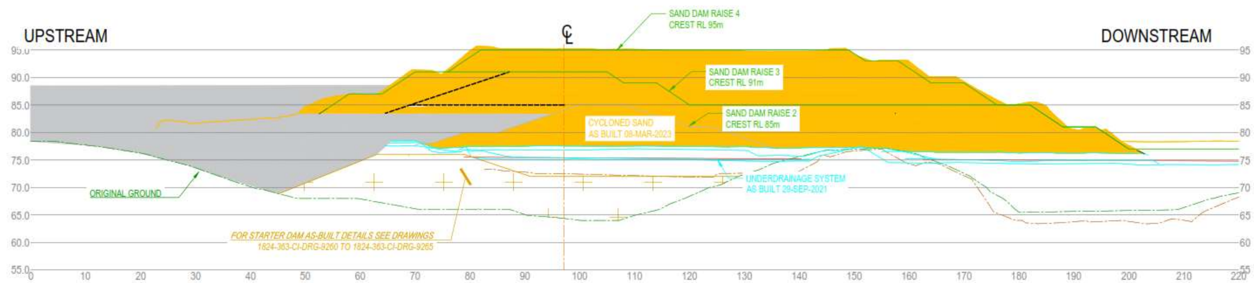


Figura 5.1.2 – 6: *Sección de Presa Este As-Built a 3+500 – 08/Marzo/2023*

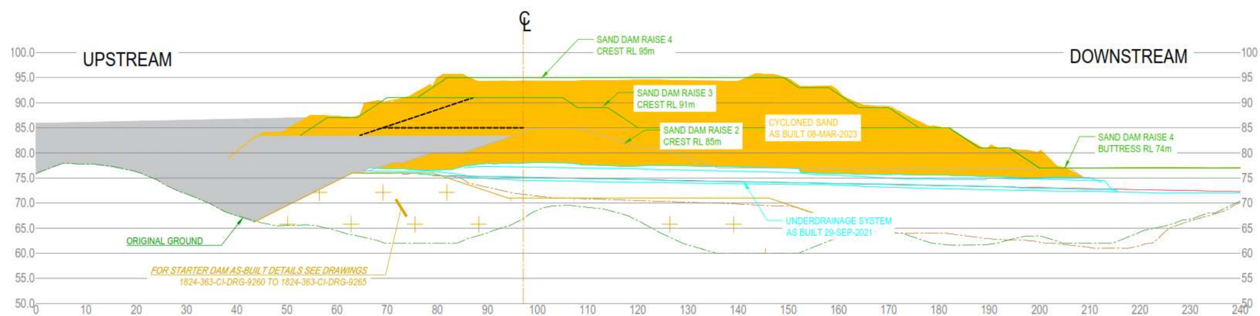


Figura 5.1.2 – 7: *Sección de Presa Este As-Built en 2+750 – 08/Marzo/2023*

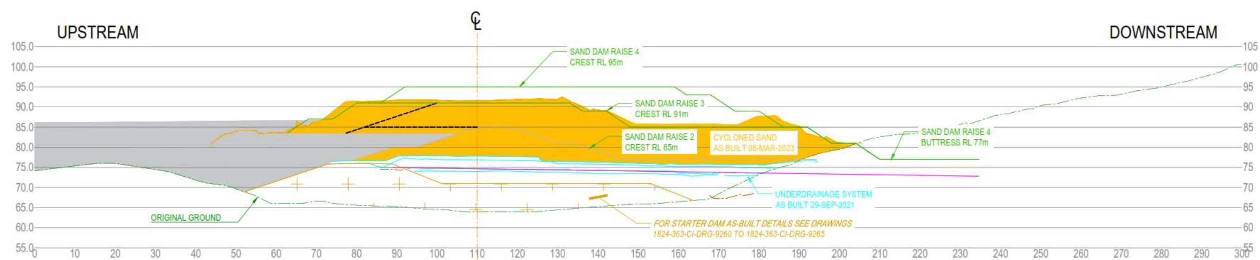


Figura 5.1.2 – 5: *Sección de Presa Este As-Built en 1+900 – 08/Marzo/2023*

5.2. Playa de Relaves

El desarrollo de la playa de relaves se registra semanalmente con la recopilación de datos de encuestas.

Con base en el As-Built a partir del 07 de noviembre de 2022, visualice el progreso actual del desarrollo de la playa que se muestra en una vista general en planta en la Figura 5.2-1 y 2 tablas a continuación en la Tabla 5.2-1 y 5.2-2.

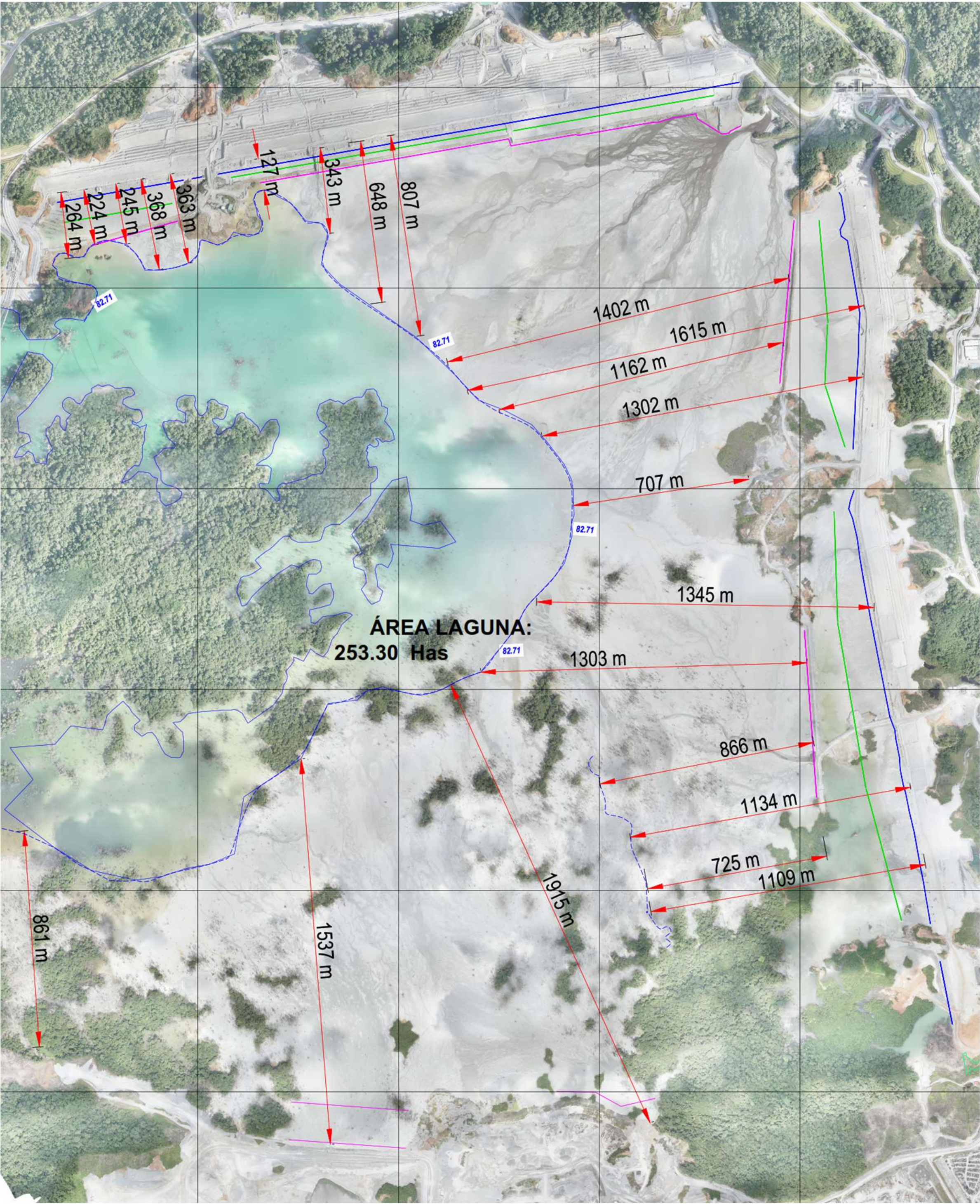


Figura 5.2 – 1: *Longitud de la playa de relaves de la presa norte y este*

North Dam									
Celda	Paddock			Paddock			Tailings Beach		
	Max.	Min.	Prom.	Max.	Min.	Prom.	Max.	Min.	Prom.
3	89.8	87.5	88.6	0.0	0.0	0.0	91.1	90.3	90.7
4	87.4	86.6	86.9	86.9	86.4	86.6	90.0	85.8	87.1
5	87.1	86.7	86.9	86.8	86.5	86.6	86.0	85.3	85.7
6	87.1	86.7	86.9	86.8	86.5	86.7	85.8	85.2	85.4
7	87.3	86.9	87.2	87.0	86.8	86.9	85.2	84.9	85.0
8	87.6	87.1	87.2	87.1	86.6	86.8	85.1	84.6	84.8
9	87.7	87.3	87.5	87.1	86.7	86.9	84.6	84.4	84.5
10	87.4	86.9	87.1	86.9	86.4	86.7	84.4	84.2	84.3
11	87.3	86.5	86.9	86.8	86.0	86.4	84.3	84.0	84.2
12	88.7	86.7	87.4	89.2	86.8	87.0	84.3	83.9	84.1
13	87.1	86.6	86.9	86.9	86.5	86.8	83.9	83.6	83.8
14	87.2	86.7	87.0	86.9	86.6	86.8	84.1	83.5	83.7
15	87.2	86.4	86.8	86.8	86.5	86.6	83.9	83.5	83.6
16	87.2	86.9	87.0	86.9	86.7	86.8	83.9	83.4	83.6
17	87.0	86.6	86.8	86.9	86.4	86.6	83.8	83.2	83.5
18	87.0	86.7	86.8	86.5	86.2	86.4	83.7	83.2	83.4
19	86.9	86.5	86.7	86.6	86.4	86.5	83.5	83.1	83.3
20	91.8	86.5	87.7	91.4	86.3	87.3	87.8	83.4	84.2
21	87.2	86.8	86.9	86.8	86.4	86.6	86.8	83.3	83.9
22	87.1	86.7	86.8	86.8	86.4	86.6	83.5	83.1	83.3
23	87.0	86.7	86.8	86.7	86.3	86.5	0.0	0.0	0.0
24	86.7	86.3	86.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	87.7	87.1	87.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	87.8	87.2	87.5	87.0	86.6	86.8	84.3	83.7	84.0
27	87.8	87.4	87.6	87.1	86.7	86.8	84.0	83.4	83.5
28	88.0	87.5	87.8	86.9	86.7	86.8	83.5	83.0	83.2
29	88.1	87.4	87.8	86.8	86.3	86.6	83.3	82.9	83.1
30	87.4	86.6	87.1	87.0	86.2	86.4	0.0	0.0	0.0

Tabla 5.2 – 1*: Elevaciones de la Playa de la Presa Norte (dentro y fuera de los potreros)*

East Dam									
Celda	Paddock			Paddock			Tailings Beach		
	Max.	Min.	Prom.	Max.	Min.	Prom.	Max.	Min.	Prom.
11	88.9	88.5	88.7						
12	91.8	87.8	89.2						
13	88.5	87.7	88.2						
14	88.3	88.1	88.2						
15	0.0	0.0	0.0						
16	86.6	86.6	86.6	86.3	79.8	85.1			
17	87.6	86.6	87.1	86.0	84.1	85.8			
18	87.3	86.4	87.0	86.1	85.7	85.8			
19	87.3	86.1	86.7	85.8	85.4	85.6			
20	87.2	86.5	86.8	86.0	85.2	85.7			
21	87.6	86.4	87.1	86.4	85.6	85.9	84.8	84.6	84.7
22	87.0	86.1	86.4	89.6	85.4	86.8	85.2	84.6	84.9
23	87.9	86.2	86.7	87.9	84.9	86.0	85.7	84.8	85.1
24	86.2	85.7	86.0	88.3	85.2	87.0	84.9	84.5	84.6
25	86.9	85.9	86.4	85.4	85.1	85.2	84.5	84.1	84.3
26	87.4	86.4	86.8	85.3	85.1	85.1	84.3	83.7	84.1
27	86.8	86.2	86.4	85.4	84.9	85.2	85.4	83.9	84.1
28	86.5	86.0	86.3	85.4	85.0	85.2	84.0	83.9	84.0
29	86.8	86.3	86.5	85.5	85.2	85.3			
30	86.6	85.9	86.3	85.8	85.4	85.6			
31	88.0	86.0	86.9	86.3	85.7	86.0			
32	88.0	86.6	87.1	86.6	86.2	86.4			
33	87.4	87.0	87.2						
34	89.1	89.1	89.1	88.7	88.7	88.7			
35	89.1	88.5	88.8	88.7	88.2	88.4			
36	88.8	88.5	88.6	88.2	87.7	88.0			
37	89.8	88.6	89.1	87.8	87.1	87.4	84.5	84.3	84.4
38	90.5	89.4	89.9	87.6	87.3	87.4	84.4	84.2	84.3
39	90.9	89.4	90.4	87.7	87.3	87.5	84.5	84.1	84.3
40	91.0	90.1	90.5	87.7	87.5	87.6	84.6	84.4	84.5
41	90.1	89.0	89.5	87.6	87.2	87.4	84.7	84.5	84.7
42	89.4	88.8	89.2	88.0	87.5	87.8	84.9	84.5	84.7
43	89.7	89.3	89.5	88.3	88.0	88.2	85.3	84.7	85.0
44	90.1	89.6	89.8	88.5	88.3	88.4	85.5	85.3	85.4
45	89.9	89.9	89.9						
46	0.0	0.0	0.0						

Tabla 5.2 – 2: *Elevaciones de la Playa de la Presa Este (dentro y fuera de los potreros)*

6. CONCLUSIÓN

- La presa de arena tiene una tasa de aumento general de 5 metros por año. Hasta la fecha, los levantamientos de la presa de arena 1, 2 y 3 se han completado al 100% y el levantamiento 4 está actualmente en curso con un progreso del 81%.
- La Elevación 4 de la presa de arena tiene un objetivo de cresta de la presa de 95 mRL y se espera que esté completamente terminada para el 01 de mayo del 2023.
- La colocación de arena ciclonada cumple predominantemente con la compactación después de la colocación, teniendo un total de solo el 0.79% de las pruebas con una compactación inferior al 100%. A pesar de que la compactación está principalmente dentro de las especificaciones, los resultados fuera de especificaciones han aumentado desde informes anteriores sobre los cuales fue 0.32% y 0.28%, respectivamente.

  Todo el material colocado en última instancia cumple con el mínimo de 100% de compactación a ser liberado por QA/QC.
- El comportamiento de la Arena Ciclonada en términos de contenido fino desde septiembre de 2019 hasta Marzo de 2023 es (solo se consideran los resultados de las granjas de arena y el material colocado):
  - ✓ %Finos < 10%: 93.2% (83.5% & 79.6% en informes anteriores)
  - ✓ 10% ≤ %Finos < 13%: 4.3% (13.1% y 17.6% de informes anteriores)
  - ✓ 13% ≤ %Finos < 16%: 0.6% (2.4% y 1.5% de informes anteriores)
  - ✓ %Finos ≥ 16% de finos: 1.8% (1.0% y 1.3% de informes anteriores)
- La permeabilidad de la arena ciclonada tiene un 0% de superación del parámetro de diseño (1x10-4 cm/s)
- La producción y colocación de arena ciclónica se está comportando sustancialmente como se espera por el diseño y el rendimiento del trabajo va generalmente de acuerdo con el plan.